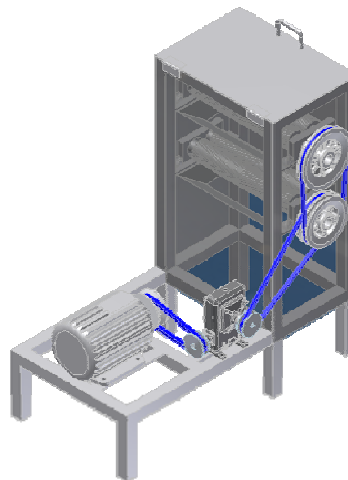




**PROSES PEMBUATAN RODA GIGI *ROLL CRUSHER* ATAS,  
RODA GIGI *ROLL CRUSHER* BAWAH DAN RUMAH *BEARING ROLL*  
*CRUSHER* ATAS PADA  
MESIN PENGGERUS ARANG KAYU**

**PROYEK AKHIR**

**Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya**



**Oleh :  
Mochamad Singgih Nur Ihsan  
07508131017**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2011**

## HALAMAN PERSETUJUAN

### PROYEK AKHIR

PROSES PEMBUATAN RODA GIGI *ROLL CRUSHER* ATAS, RODA GIGI  
*ROLL CRUSHER* BAWAH DAN RUMAH *BEARING* *ROLL CRUSHER* ATAS  
PADA  
MESIN PENGGERUS ARANG KAYU

Dipersiapkan dan disusun oleh :

MOCHAMAD SINGGIH NUR IHSAN  
07508131017

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Ahli Madya D-III  
Program Studi Teknik Mesin



Yogyakarta, 23 Februari 2011  
Dosen Pembimbing

all  
23 2011

Arianto Leman Soemowidagdo, M.T.  
NIP. 19681205 199702 1 001

## LEMBAR PENGESAHAN




PROYEK AKHIR  
PROSES PEMBUATAN RODA GIGI *ROLL CRUSHER* ATAS, RODA GIGI  
*ROLL CRUSHER* BAWAH DAN RUMAH BEARING *ROLL CRUSHER* ATAS  
PADA  
MESIN PENGGERUS ARANG KAYU

DIPERSIAPKAN DAN DISUSUN OLEH

MOCHAMAD SINGGIH NUR IHSAN  
07508131017

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Proyek Akhir  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Pada Tanggal 4 Maret 2011  
Dan Telah Memenuhi Syarat Guna Memperoleh Gelar  
Ahli Madya Diploma III

### DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Arianto Leman S, M.T.	Ketua penguji		22/3/2011
Paryanto, M.Pd.	Sekretaris Penguji		21/3/2011
Tiwan, M.T.	Penguji Utama		21/3-2011

Yogyakarta, Maret 2011

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta



Wardan Suyanto, Ed. D.

NIP. 19540810 197803 1 001

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mochamad Singgih Nur Ihsan

Nim : 07508131017

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Laporan : Proses Pembuatan Roda Gigi *Roll Crusher* Atas, Roda Gigi *Roll Crusher* Bawah Dan Rumah *Bearing Roll Crusher* Atas.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh Gelar Ahli Madya Program Studi Teknik Mesin disuatu Perguruan Tinggi. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Februari 2011  
Yang Menyatakan,



Mochamad Singgih Nur Ihsan  
NIM.07508131017



## ABSTRAK

### **PEMBUATAN RODA GIGI *ROLL CRUSHER* ATAS, RODA GIGI *ROLL CRUSHER* BAWAH DAN RUMAH *BEARING ROLL CRUSHER* ATAS PADA MESIN PENGGERUS ARANG KAYU**

Oleh:

Mochamad Singgih Nur Ihsan  
07508131017

Tujuan dari pembuatan laporan proyek akhir ini adalah mengetahui mesin dan alat perkakas yang digunakan dalam proses pembuatan gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas, mengetahui dan dapat membuat gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas sesuai gambar kerja dan mengetahui hasil pembuatan gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas tersebut. Roda gigi lurus pada mesin ini berfungsi untuk meneruskan putaran dari motor listrik menuju *roll crusher* dan mengubah putaran *roll crusher* menjadi berlawanan arah sehingga arang dapat terdorong masuk ke dalam *roll crusher* dan rumah *bearing* pada mesin ini fungsinya untuk tempat dudukan *bearing* yang nantinya akan menopang dua buah *roll crusher* agar putaran yang dihasilkan lancar.

Adapun tahapan yang digunakan dalam proses pembuatan roda gigi lurus dan rumah *bearing* meliputi identifikasi gambar kerja, identifikasi mesin dan alat perkakas, penentuan langkah kerja serta perakitan komponen. Identifikasi gambar kerja dilakukan untuk mendapatkan gambaran produk yang akan dibuat sehingga dapat merencanakan proses pengerjaan yang akan dilakukan. Dengan adanya tahapan-tahapan tersebut, diharapkan dapat membuat roda gigi lurus dan rumah *bearing* yang sesuai dengan gambar kerja dan dapat berfungsi dengan baik.

Berdasarkan hasil yang telah dicapai dari keseluruhan proses yang meliputi perancangan, pembuatan dan pengujian terhadap roda gigi lurus dan rumah *bearing* pada mesin penggerus arang kayu, dapat disimpulkan bahwa mesin mesin yang digunakan yaitu mesin gergaji, mesin bubut, mesin frais, mesin sekrap, mesin bor, mesin gerinda, mesin slotting. Sedangkan alat perkakas yang digunakan yaitu jangka sorong, penyiku, meja rata, gergaji, tap dan pemegangnya, palu plastik, penitik dan palu besi. Proses pembuatan roda gigi lurus meliputi : proses pengukuran, proses pemotongan, proses pembubutan, proses pengeboran, proses pengaluran, proses pengefraisan (pembuatan gigi) dan proses penghalusan. Sedangkan dalam proses pembuatan rumah *bearing* antara lain proses penyekrapan, proses pengeboran, proses pembubutan. Ukuran roda gigi lurus adalah  $\varnothing 60 \times 32$  mm untuk roda gigi *roll crusher* atas,  $\varnothing 57 \times 25$  mm untuk roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing* adalah  $130 \times 16 \times 55$  mm.

## **MOTTO**

*Jangan melihat masa lalu dengan penyesalan, jangan pula  
melihat masa depan dengan penuh ketakutan, tapi  
lihatlah keadaan di sekitarmu dengan penuh kesadaran*

*Ada tiga hal yang tetap hidup : Perubahan, Pilihan, dan  
Prinsip*

*Sebaik - baiknya hidup manusia adalah jika ia mampu  
memberikan manfaat bagi orang lain*

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT, karya tulis ini kupersembahkan untuk:

- ✓ Ibu dan Bapak tercinta yang telah memberikan kasih sayang, bimbingan, dukungan moral, material dan doa serta cinta yang tak ternilai harganya.
- ✓ Segenap keluarga yang selalu memberikan dukungan dan semangat saat suka maupun duka.
- ✓ Yang terindah “Wida Riyandani” yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa.
- ✓ Sahabat – sahabatku yang selalu memberikan dukungan dan bantuan
- ✓ Seluruh Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Mesin UNY angkatan 2007.
- ✓ Almamater Universitas Negeri Yogyakarta.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat serta kasih sayang-Nya, sehingga penyusunan laporan Proyek Akhir yang berjudul **“PROSES PEMBUATAN RODA GIGI *ROLL CRUSHER* ATAS, RODA GIGI *ROLL CRUSHER* BAWAH DAN RUMAH *BEARING ROLL CRUSHER* ATAS PADA MESIN PENGGERUS ARANG KAYU”** dapat terselesaikan. Penyusunan laporan proyek akhir ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Ahli Madya Teknik di Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Program Studi D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Pada kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Wardan Suyanto, Ed. D., selaku Dekan FT UNY.
2. Bapak Bambang Setyo H.P., M. Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FT UNY.
3. Bapak Jarwo Puspito, M. P., selaku Kaprodi D3 Teknik Mesin.
4. Bapak Nurdjito, M. Pd., selaku Dosen Penasihat Akademik
5. Bapak Arianto Leman S, M. T., selaku Pembimbing Proyek Akhir.
6. Seluruh Dosen, Staf dan Teknisi Jurusan Pendidikan Teknik Mesin UNY yang telah ikhlas menularkan ilmunya dari semester awal hingga akhir studi.
7. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan do'a, semangat, perhatian dan kasih sayang demi tercapainya tujuan dan cita-cita.

8. Adik – adikku Bayu, Dinna, dan Rizky yang selalu memberi dukungan dan do'a.
9. Yang terindah “Wida Riyandani” yang selalu memberikan dukungan, semangat dan do'a.
10. Puput Aries yang selalu memberikan dukungan dan do'a.
11. Rekan – rekan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin angkatan 2007, khususnya kelas B dan kelas T yang selalu kebersamaan dalam semangat persahabatan.
12. Teman – teman Kelompok 5 ( Danu, Danang, Dandhi dan Alfin) dan Teman – teman Kelompok 8 (Supri, Listyo, Budi, Andri dan Yudhi) yang saling memberi dukungan dan semangat dalam mengerjakan Proyek Akhir.
13. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan laporan Proyek Akhir ini.

Penyusunan laporan Proyek Akhir ini diakui masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik dari semua pihak yang sifatnya membangun sangatlah dibutuhkan oleh penulis demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan penyusun pada khususnya.

Yogyakarta, Februari 2011

Penyusun

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
 BAB I    PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	3
C. Batasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan .....	5
F. Manfaat.....	6
G. Keaslian .....	7

## BAB II METODE PENDEKATAN MASALAH

A. Identifikasi Gambar Kerja .....	8
1. Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> atas .....	9
2. Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Bawah .....	9
3. Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas.....	10
B. Identifikasi Bahan dan Ukuran .....	11
1. Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas.....	11
2. Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Bawah.....	11
3. Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas.....	11
C. Identifikasi Mesin dan Alat Yang Digunakan .....	11
D. Mesin dan Alat yang Digunakan .....	15
1. Mesin / Alat Utama .....	15
2. Alat Perkakas danAlat Bantu .....	46
3. Alat Pelindung Diri .....	51

## BAB III KONSEP PEMBUATAN

A. Konsep Pembuatan Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Atas .....	54
B. Konsep Pembuatan Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Bawah .....	55
C. Konsep Pembuatan Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas .....	56
D. Diagram Alir .....	58
1. Pembuatan Roda <i>Roll Crusher</i> Atas dan Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Bawah .....	58
2. Pembuatan Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas.....	59

## BAB IV PROSES PEMBUATAN, HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Pembuatan .....	60
1. Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Atas .....	60
2. Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Bawah .....	66
3. Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas.....	72
B. Data Waktu Pembuatan .....	77
1. Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Atas.....	77
2. Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Bawah.....	78
3. Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas.....	79
C. Proses Perhitungan Teoritis Pengerjaan .....	80
D. Uji fungsional .....	106
E. Uji kinerja.....	106
F. Pembahasan .....	108
1. Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas.....	108
2. Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Bawah.....	109
3. Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas.....	110
G. Kelemahan – kelemahan .....	110

## BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan .....	112
B. Saran .....	113

DAFTAR PUSTAKA .....	114
----------------------	-----

LAMPIRAN .....	115
----------------	-----



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Atas .....	9
Gambar 2.2. Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Bawah .....	9
Gambar 2.3. Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas .....	10
Gambar 2.4. Mesin Gergaji.....	15
Gambar 2.5. Mesin Bubut .....	16
Gambar 2.6. <i>Chuck</i> (Cekam) .....	19
Gambar 2.7. Kunci <i>Chuck</i> .....	19
Gambar 2.8. Senter Putar .....	20
Gambar 2.9. Bor Senter .....	20
Gambar 2.10. Rumah Pahat .....	21
Gambar 2.11. Kunci L .....	22
Gambar 2.12. Kunci Pas .....	22
Gambar 2.13. Alat Potong Mesin Bubut .....	24
Gambar 2.14. Pahat Bubut Rata Kanan .....	26
Gambar 2.15. Pahat Bubut Dalam .....	26
Gambar 2.16. Mata Bor ( <i>Twist Drill</i> ) .....	27
Gambar 2.17. Mesin Frais .....	31
Gambar 2.18. Kepala Pembagi.....	33
Gambar 2.19. Pisau Gigi Tipe <i>Plain</i> .....	35
Gambar 2.20. Pisau Gigi Tipe <i>Stocking</i> .....	36
Gambar 2.21. Mesin Sekrap.....	40

Gambar 2.22. Mesin Gerinda .....	43
Gambar 2.23. Mesin <i>Slotting</i> .....	44
Gambar 2.24. Mesin Bor Meja.....	45
Gambar 2.25. Jangka Sorong .....	46
Gambar 2.26. <i>Height Gauge</i> .....	47
Gambar 2.27. Tap dan Tangkai Tap.....	48
Gambar 2.28. Ragum .....	48
Gambar 2.29 Mistar Gulung .....	49
Gambar 2.30. Penggaris Siku .....	49
Gambar 2.31. Penggores .....	49
Gambar 2.32. Penitik .....	50
Gambar 2.33. Palu .....	50
Gambar 2.34. Kikir .....	50
Gambar 2.35. Kacamata Pelindung .....	51
Gambar 2.36. Pakaian Kerja .....	52
Gambar 2.37. Sarung Tangan Kain .....	53
Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Pembuatan Roda Gigi Roll Crusher Atas dan Roda Gigi Roll Crusher Bawah .....	58
Gambar 3.2. Diagram Alir Proses Pembuatan Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas .....	59

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Ukuran Bahan Untuk Masing – masing Komponen .....	11
Tabel 2.2. Mesin dan Perkakas Dalam Pembuatan Roda Gigi <i>Roll crusher</i> Atas .....	12
Tabel 2.3. Mesin dan Perkakas Dalam Pembuatan Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Bawah .....	13
Tabel 2.4. Mesin dan Perkakas Dalam Pembuatan Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas .....	14
Tabel 2.5. Penggunaan Sudut Tatal dan Sudut Bebas Pahat Bubut .....	25
Tabel 2.6. Kecepatan Potong Material .....	28
Tabel 2.7. Pemilihan Nomor Pisau Sistem Modul .....	36
Tabel 2.8. Parameter Roda Gigi Lurus .....	37
Tabel 2.9. <i>Cutting Speed</i> Dari Berbagai Material .....	38
Tabel 2.10. <i>Feed</i> Untuk Proses Fraisi .....	38
Tabel 2.11 Kecepatan Potong Untuk Mata Bor Jenis HSS .....	45
Tabel 4.1. Proses Pembuatan Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Atas.....	60
Tabel 4.2. Proses Pembuatan Roda Gigi <i>roll Crusher</i> Bawah .....	66
Tabel 4.3. Proses Pembuatan Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas.....	72
Tabel 4.4. Data Waktu Pembuatan Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Atas .....	77
Tabel 4.5. Data Waktu Pembuatan Roda Gigi <i>roll Crusher</i> Bawah .....	78
Tabel 4.6. Data Waktu Pembuatan Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas .....	79

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Gambar Kerja .....	116
Lampiran 2. Lambang – Lambang Dari Diagram Alir .....	122
Lampiran 3. Hasil Uji Kekerasan Bahan Untuk Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Atas, Roda Gigi <i>Roll Crusher</i> Bawah Dan Rumah <i>Bearing Roll Crusher</i> Atas .....	123
Lampiran 4. Tabel Baja Konstruksi Umum Menurut Din 17100 .....	126
Lampiran 5. Hardness Conversion Table .....	127
Lampiran 6. Tabel Variasi Penyimpangan Umum.....	129
Lampiran 7. Tabel Harga Toleransi Menurut Iso .....	130
Lampiran 8. Tabel Lambang Arah Bekas Pengerjaan .....	131
Lampiran 9. Tabel Harga Kekasaran Untuk Jenis – Jenis Pengerjaan .....	132
Lampiran 10. Tabel Harga Kekasaran Dan Angka Kelas Kekasaran .....	133
Lampiran 11. Foto <i>Team</i> Pembuat Mesin Penggerus Arang Kayu .....	134
Lampiran 12. Foto Dan Proses Uji Kinerja .....	135
Lampiran 13. Rekap Data Hadir Mengerjakan Proyek Akhir Mhs. Angkatan 2007 .....	137
Lampiran 14. Kartu Bimbingan Proyek Akhir .....	138
Lampiran 15. Langkah Kerja Proses Pembuatan Komponen Alat .....	139

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Pada suatu komponen mesin dari baja adakalanya diperlukan keras dan tahan aus pada permukaannya saja, sedangkan pada inti atau bagian dalam tetap dalam keadaan lunak dan ulet. Hal ini akan memberikan kombinasi yang serasi antara bagian luar atau permukaan benda kerja yang keras dan tahan menerima beban, serta tahan aus dengan inti yang lunak dan ulet dapat dicapai melalui proses karburising yang dilanjutkan dengan proses pengerasan.

Karburising adalah proses menambahkan karbon ke permukaan benda, dilakukan dengan memanaskan benda kerja dalam lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan baja.

Berdasarkan bentuk fisik media karburisasi dikenal dengan tiga cara karburisasi yaitu:

1. Karburising Padat (*Pack Carburizing*)
2. Karburising Cair (*Liquid Carburizing*)
3. Karburising Media Gas (*Gas Carburizing*)

Karburising padat adalah proses karburisasi pada permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapat dari bubuk arang. Bahan karburisasi ini biasanya adalah arang tempurung kelapa, arang kokas, arang kayu, arang kulit atau arang tulang. Bahan karbonat ditambahkan pada arang

untuk mempercepat proses karburisasi. Bahan tersebut adalah barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) yang ditambahkan bersama-sama dalam 10 – 40 % dari berat arang .

Dalam proses karburising padat, arang kayu merupakan komponen yang sangat penting karena berfungsi sebagai penambah zat karbon ke dalam permukaan baja. Namun dalam proses karburising ini arang kayu yang digunakan sebaiknya yang berbentuk *granule* dengan ukuran *mesh* 10 – 60, untuk dapat mencapai hasil *mesh* 10 – 60, maka arang kayu perlu digeruskan terlebih dahulu.

Melihat kondisi di atas, penulis berusaha membuat mesin penggerus arang kayu yang produktif dan efisien. Mesin ini merupakan mesin modifikasi dari mesin yang ada, sudah pernah dibuat penggerus arang kayu model pukul, karena mesin tersebut mempunyai beberapa kelemahan-kelemahan, di antaranya putaran terlalu tinggi hingga menyebabkan debu dari proses penggerusan berterbangan ke udara, hasil dari proses penggerusan sangat majemuk, bila saringan dibuat kasar maka serbuk yang akan dihasilkan terlalu kasar, jika saringan dibuat kecil maka akan terjadi saringan akan buntu karena tertahan oleh serbuk-serbuk arang kayu yang kasar.

Modifikasi mesin ini antara lain dengan menggunakan putaran rpm rendah, *roll crusher* dan roda giginya dapat diatur kerenggannya, bodi mesin semua tertutup *cassing* agar meminimalisir debu dari proses penggerusan terbang ke udara, pada bagian bawah *roll crusher* terdapat bak

penampung hasil dari proses penggerusan arang kayu, sehingga diharapkan dalam waktu singkat dapat menghasilkan arang kayu dengan ukuran *mesh* 10 – 60 dalam jumlah yang banyak.

Adapun alasan pembuatan mesin tersebut adalah :

1. Proses penggerusan dengan mesin ini diharapkan lebih cepat karena menghemat waktu dan tenaga.
2. Dengan menggunakan mesin ini diharapkan banyak menghasilkan arang kayu dengan ukuran yang relatif seragam.
3. Dengan menggunakan mesin, tenaga manusia yang dibutuhkan lebih sedikit dan peralatan yang dibutuhkan lebih sedikit.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diidentifikasi beberapa masalah diantaranya adalah:

1. Menciptakan dan merancang mesin penggerus arang kayu yang inovatif, produktif dan memenuhi standar industri.
2. Masih adanya masalah/kekurangan pada mesin penggerus arang kayu yang sudah ada sebelumnya.
3. Perancangan dan perencanaan pembuatan mesin penggerus arang kayu.
4. Pemilihan bahan yang tepat.
5. Penggunaan alat yang tepat untuk sesuai dengan jenis dan ukuran yang digunakan.
6. Pembuatan *roll crusher* atas dan pembuatan *roll crusher* bawah pada mesin penggerus arang kayu.

7. Pembuatan roda gigi *roll crusher* atas dan pembuatan roda gigi *roll crusher* bawah.
8. Pembuatan rumah *bearing roll crusher* atas dan pembuatan rumah *bearing roll crusher* bawah.
9. Pembuatan rangka, *cassing* mesin dan corong.
10. Pengecatan rangka, *cassing* mesin dan corong.
11. Perancangan puli dan putaran yang sesuai dengan kebutuhan.
12. Memaksimalkan kerja mesin penggerus arang kayu dalam waktu yang singkat dan dapat menghasilkan ukuran *mesh* yang relatif seragam.
13. Proses *Hardening* yang dilakukan untuk menambah kekuatan pada *roll crusher* atas, *roll crusher* bawah dan roda gigi tersebut.

### C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya masalah untuk menghasilkan produk mesin penggerus arang kayu, maka proses ini difokuskan pada masalah pembuatan roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas.

### D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah tersebut maka dapat ditarik rumusan masalah yaitu:

1. Bahan apakah yang digunakan untuk membuat roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas?



2. Mesin dan alat apa saja yang dibutuhkan untuk pembuatan roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas tersebut?
3. Bagaimana proses pembuatan roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas?

#### **E. Tujuan**

Tujuan pembuatan gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas pada mesin penggerus arang kayu untuk industri adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui bahan apakah yang dipakai untuk pembuatan pembuatan gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas.
2. Mengetahui mesin dan alat perkakas yang digunakan dalam proses pembuatan gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas.
3. Mengetahui dan dapat membuat gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas sesuai gambar kerja.
4. Mengetahui hasil pembuatan gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas tersebut.

## **F. Manfaat**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh adalah :

1. Bagi Penulis
  - a. Merupakan penerapan ilmu yang telah didapatkan selama mahasiswa duduk dibangku perkuliahan, sebagai tolak ukur kompetensi mahasiswa untuk memperoleh gelar ahli madya.
  - b. Merupakan bekal bagi mahasiswa sebelum terjun di dunia industri dan sebagai modal untuk mengaplikasikan ilmu yang telah didapat.
  - c. Sebagai model belajar aktif tentang cara inovasi teknologi bidang teknik mesin.
2. Bagi Dunia Pendidikan
  - a. Secara teoritis dapat memberikan informasi perkembangan teknologi terbaru khususnya Jurusan Pendidikan Teknik Mesin UNY kepada institusi pendidikan lain.
  - b. Sebagai wujud salah satu Tri Dharma Perguruan Tinggi tentang pengabdian kepada masyarakat.
3. Bagi Dunia Industri/Lembaga

Menambah perbendaharaan inovasi alat yang ada di industri, sehingga mendukung kemajuan dibidang industri.

## G. Keaslian

Mesin Penggerus Arang Kayu untuk karburising merupakan hasil modifikasi dari <http://www.wolterpyrotools.com/?page=gallery> dan mengalami perubahan bentuk, ukuran, maupun fungsi. Perubahan mesin difokuskan pada *roll crusher* yang dibuat bertahap yaitu dengan *roll crusher* atas dan *roll crusher* bawah dan pengontrol kerenggangan *roll crusher* yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Modifikasi mesin ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas, kuantitas dan keamanan pada proses penggerusan arang kayu.

## **BAB II**

### **PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH**

#### **A. Identifikasi Gambar Kerja**

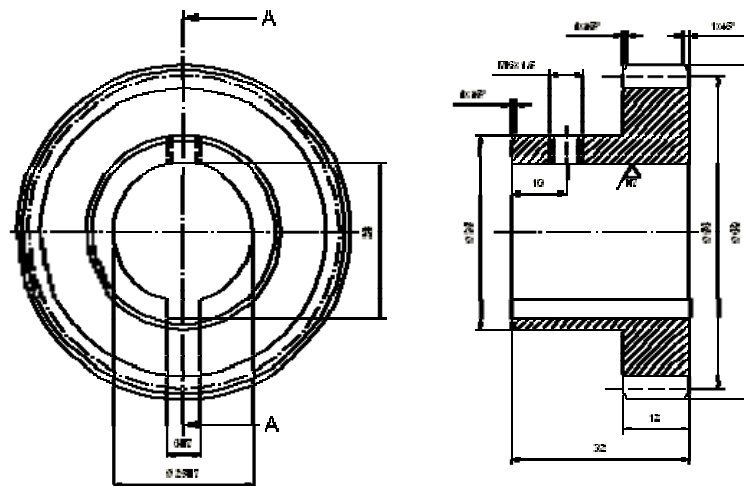
Pada pembuatan suatu produk pastilah tidak terlepas dari pendekatan gambar kerja sebagai acuan pembuatan benda kerja. Gambar kerja sebagai media informasi yang bersumber dari perancang yang ditujukan kepada mekanik (yang membuat komponen berdasar gambar kerja) berisikan semua informasi yang diperlukan dalam proses pembuatan komponen. Identifikasi gambar kerja ditujukan agar didapatkan :

1. Bentuk dari roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah, dan rumah *bearing roll crusher* atas.
2. Bahan yang digunakan untuk pembuatan roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah, dan rumah *bearing roll crusher* atas.
3. Ukuran dan dimensi roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah, dan rumah *bearing roll crusher* atas.

Selain mengidentifikasi gambar kerja seperti yang telah di sebutkan diatas, ada baiknya mekanik mengetahui bentuk mesin, komponen penyusun mesin dan letak komponen pada mesin, hal ini di maksudkan agar mekanik mendapatkan gambaran mengenai komponen yang akan dibuat. Dengan begitu mekanik akan lebih mudah dalam membuatnya.

### 1. Roda Gigi *Roll Crusher* Atas

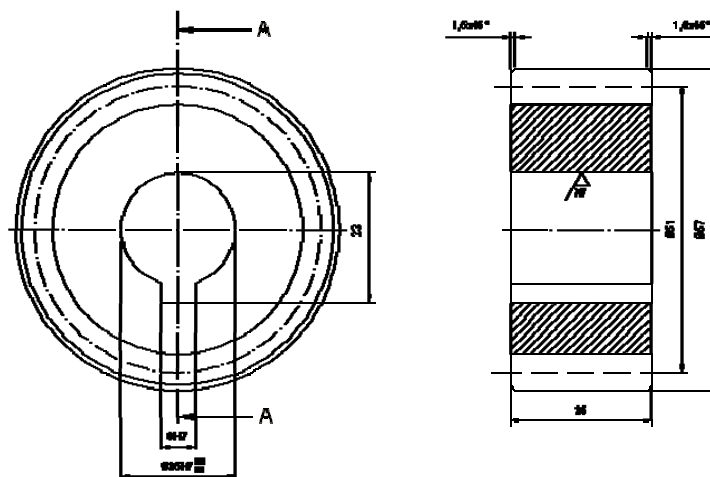
Roda gigi *roll crusher* atas merupakan profil gigi lurus dan mempunyai  $Z = 28$ . Bahan yang digunakan untuk membuat adalah baja karbon rendah St 50 ukuran  $\varnothing 64 \times 40$  mm.



Gambar 2.1. Roda gigi *roll crusher* atas

### 2. Roda Gigi *Roll Crusher* Bawah

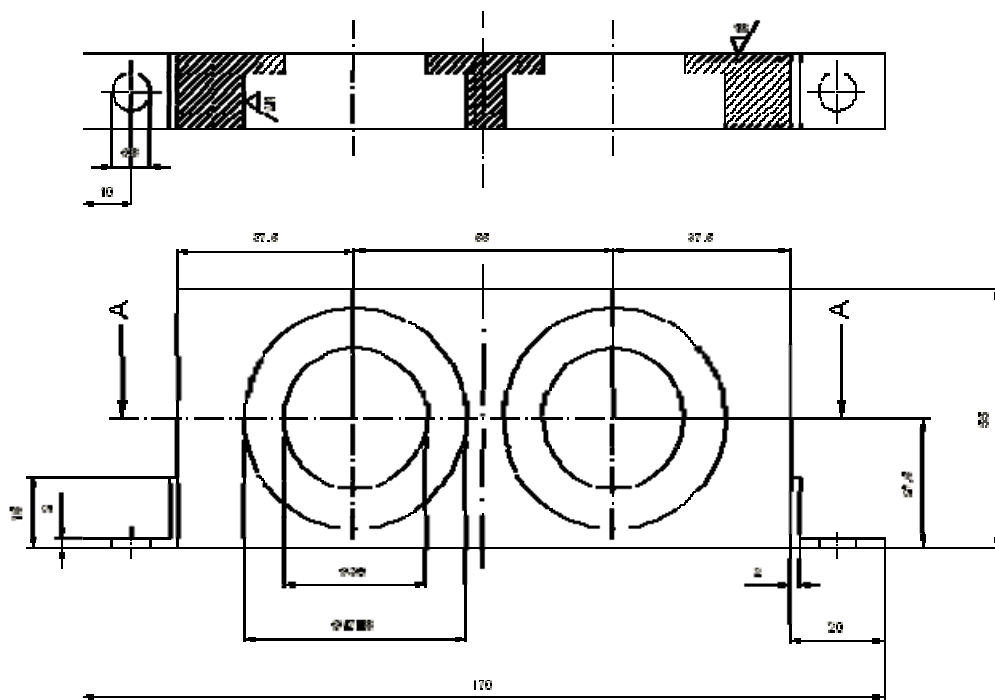
Roda gigi *roll crusher* bawah juga merupakan profil gigi lurus dan mempunyai  $Z = 17$ . Bahan yang digunakan untuk membuat adalah baja karbon rendah St 50 ukuran  $\varnothing 64 \times 30$  mm.



Gambar 2.2. Roda gigi *roll crusher* bawah

### 3. Rumah *Bearing Roll Crusher* Atas

Rumah *bearing roll crusher* atas terdiri dari dua bagian yaitu rumah *bearing* dan kaki – kaki penyangga untuk dudukan ke rangka mesin. Bahan yang digunakan untuk membuat rumah *bearing* adalah Baja karbon rendah St 50 ukuran 140 x 60 mm, sedangkan bahan untuk kaki-kaki penyangga adalah pelat besi 35 x 16 x 2 mm.



Gambar 2.3. Rumah *bearing roll crusher* atas

## B. Identifikasi Bahan dan Ukuran

Pada pembuatan roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas pada mesin penggerus arang kayu bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah St 50. Adapun pemilihan bahan menggunakan baja karbon rendah dengan mempertimbangkan alasan sebagai berikut :

1. Mempunyai sifat mampu las yang baik
2. Dapat dikeraskan
3. Mudah didapat/dicari
4. Ekonomis

Tabel 2.1. Ukuran bahan untuk masing-masing komponen

No.	Nama	Ukuran	Jumlah	Bahan
1.	Roda gigi <i>roll crusher</i> atas	Ø64 x 40 mm	2	St 50
2.	Roda gigi <i>roll crusher</i> bawah	Ø64 x 30 mm	2	St 50
3.	Rumah <i>bearing roll crusher</i> atas	140 x 60 mm	2	St 50

## C. Identifikasi Mesin dan Alat yang Digunakan

Untuk mengetahui proses pengerjaan dalam pembuatan roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing*. Maka untuk mempermudah identifikasi mesin dan alat bantu yang digunakan, dibuatlah tabel seperti dibawah ini

Tabel 2.2. Mesin dan perkakas dalam pembuatan roda gigi *roll crusher* atas

No.	Proses pengerjaan	Mesin/alat	Alat Bantu
1.	Pengukuran bahan	Jangka sorong, penggores, spidol (bila perlu)	-
2.	Pemotongan bahan	Mesin gergaji Great capitan	Sarung tangan, coolant
3.	Pembubutan Bubut rata dan bubut <i>facing</i>	Mesin bubut dengan kelengkapannya, pahat bubut HSS, bor senter Ø4+chuck bor, jangka sorong, senter putar	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung, kunci pas, kunci L 5, 8, 12
4.	Pengeboran	Mesin bubut dan kelengkapannya, chuck bor, mata bor Ø 10, Ø 16, Ø 20	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung
5.	Pembubutan Bubut dalam	Mesin bubut dengan kelengkapannya, pahat bubut dalam, jangka sorong	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung, kunci pas, kunci L 5, 8, 12
6.	Pengefraisan	Mesin frais horizontal dan kelengkapannya, kepala pembagi, pisau frais modul 2 no 5	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung, kunci pas, coolant, kuas
7.	Pengeboran	Mesin bor rantai dan kelengkapannya, mata bor Ø 5	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung, kuas
8.	Pengetapan	Ragum meja, TAP M6 x 1.5	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung, minyak pelumas, kuas
9.	<i>Slotting</i>	Mesin slot, kunci chuck, jangka sorong, palu karet	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung
10.	Penyelesaian akhir	Ragum meja, kikir rata halus	Sarung tangan, kuas



Tabel 2.3. Mesin dan perkakas dalam pembuatan roda gigi *roll crusher* bawah

No.	Proses pengerjaan	Mesin/alat	Alat Bantu
1.	Pengukuran bahan	Jangka sorong, penggores, spidol (bila perlu)	-
2.	Pemotongan bahan	Mesin gergaji Great capitan	Sarung tangan, coolant
3.	Pembubutan Bubut rata dan facing	Mesin bubut dengan kelengkapannya, pahat bubut HSS, bor senter Ø4+chuck bor, jangka sorong, senter putar, mesin gerinda, kunci chuck, cekam rahang 3, kunci cekam rahang 3	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung, kunci pas, kunci L 5, 8, 12
4.	Pengeboran	Mesin bubut dan kelengkapannya, chuck bor, mata bor Ø 10 dan Ø 16	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung
5.	Pembubutan Bubut dalam	Mesin bubut dengan kelengkapannya, pahat bubut dalam, jangka sorong, kunci chuck, cekam rahang 4, kunci cekam rahang 4	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung, kunci pas, kunci L 5, 8, 12
6.	Pengefraisan	Mesin frais horizontal, kepala pembagi, pisau frais modul 3 no.3	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung, kunci pas, coolant, kuas
7.	<i>Slotting</i>	Mesin slot, kunci chuck, jangka sorong, palu karet	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung
8.	Penyelesaian akhir	Ragum meja, Kikir rata halus	Sarung tangan, kuas

Tabel 2.4. Mesin dan perkakas dalam pembuatan rumah *bearing roll crusher* atas

No.	Proses pengerjaan	Mesin/alat	Alat /perkakasBantu
1.	Pengukuran bahan	-	Mistar gulung, mistar baja, mistar siku, penggores, spidol (bila perlu)
2.	Pemotongan bahan	-	-
3.	Penyekrapan	Mesin skrap dan kelengkapannya, height gauge, pahat HSS, jangka sorong, mesin gerinda	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung, mistar siku, palu plastik, kunci pas
4.	Pengeboran	Mesin bubut dan kelengkapannya, bor senter Ø4, chuck bor, mata bor Ø 10, 16, chuck rahang 4, kunci chuck, height gauge	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung
5.	Pembubutan Bubut dalam	Mesin bubut dengan kelengkapannya, pahat bubut dalam, jangka sorong, chuck rahang 4, kunci chuck rahang 4	Sarung tangan, pakaian kerja, kacamata pelindung, kunci pas, kunci L 5, 8, 12
6.	pengelasan	Mesin las SMAW dan kelengkapannya	Sarung tangan, topeng las, tang, air, palu terak, sikat baja, palu, mistar siku
7.	Penyelesaian akhir	Ragum meja, Kikir rata halus	Sarung tangan, kuas

#### **D. Mesin dan Alat yang Digunakan**

##### **1. Mesin / Alat Utama**

##### **a. Mesin Gergaji**

Mesin gergaji adalah alat untuk memotong suatu benda yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak utama. Mesin gergaji ini digunakan untuk memotong bahan dalam pembuatan roda gigi pada mesin penggerus arang kayu. Mengetahui berapa besar kecepatan potong dengan benar yang harus digunakan dalam pemotongan bahan atau benda kerja, merupakan salah satu hal yang akan dapat menjamin keberhasilan dalam pelaksanaan pekerjaan yang baik dan tepat. Pemotongan dengan menggunakan cairan pendingin dapat dilakukan secara cepat, dibandingkan dengan pemotongan tanpa cairan pendingin dan umur dari daun mata gergaji dapat lebih panjang. Dengan mesin ini kita dapat memotong benda kerja dalam jumlah banyak, baik dipotong secara bertahap (satu demi satu) maupun dipotong dengan cara disatukan, dengan demikian pengerjaannya jauh lebih cepat dan efisien dari pada menggunakan gergaji tangan.

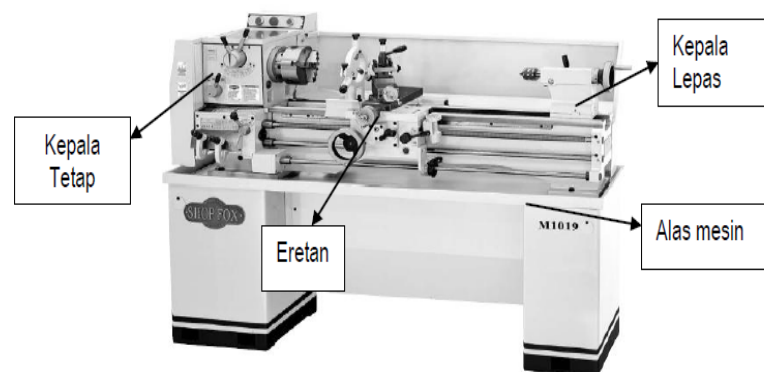


Gambar 2.4. Mesin gergaji  
(Bengkel Fabrikasi FT. UNY)

## b. Mesin Bubut

Mesin bubut digunakan untuk mengerjakan benda-benda berbentuk silindris dengan cara memberi penyayat atau disebut juga penyerpihan. Gerak potong merupakan gerak rotasi dari benda kerja. Jenis pembubutan diantaranya pembubutan memanjang, membidang, miring, cekung, cembung, alur, mengartel, membubut *eksentris*, *facing*, pembubutan tirus, pembubutan ulir, pengeboran, dan *reaming*.

Pada proses pembubutan perlu diperhatikan hal-hal pemotongan di antaranya: kecepatan potong, kecepatan pemakanan, kedalaman pemotongan/tusukan, waktu kerja, dan keselamatan kerja.



Gambar 2.5. Mesin bubut dan bagian-bagian utama mesin bubut  
(<http://images.google.co.id>)

### 1) Bagian-Bagian Utama Mesin Bubut

Dari gambar di atas terdapat bagian-bagian utama dari Mesin Bubut, diantaranya :

#### a) Meja Mesin (*Bed*)

Meja Mesin (*Bed*) merupakan kerangka Mesin Bubut yang sebagai tempat untuk memproses benda kerja menjadi

produk yang diinginkan. Pada Meja Mesin terdapat kepala tetap, kepala lepas, dan eretan. Meja mesin memiliki alur *bed* berbentuk V yang datar dan sebagai jalur bagi kepala lepas dan eretan.

b) Kepala Tetap (*Headstock*)

Kepala tetap berfungsi untuk menampung dan menyangga *spindle* kerja dan penggerakannya. Karena kepala tetap merupakan lemari gigi. Unsur ini tidak hanya menyalurkan daya motor, melainkan juga harus memungkinkan perubahan angka putaran untuk pemilihan kecepatan putaran sayat yang ekonomis pada garis tengah benda kerja tertentu dengan jalan memindahkan tuas-tuas yang ada dilemari gigi.

Selain itu, kepala tetap (*Headstock*) juga merupakan bagian dari kerangka Mesin Bubut berfungsi sebagai tempat benda dicekam.

c) Kepala Lepas (*Tailstock*)

Kepala lepas adalah bagian dari mesin bubut yang letaknya di sebelah kanan dan dipasang di atas alas atau meja mesin. Bagian ini berguna untuk tempat untuk pemasangan senter yang digunakan sebagai penumpu ujung benda kerja dan sebagai tempat/dudukan penjepit mata bor pada saat melakukan pengeboran. Kepala lepas ini dapat digerakkan atau digeser sepanjang alas/meja mesin, dan dikencangkan dengan perantara

mur dan baut atau dengan tuas pengencang. Selain digeser sepanjang alas atau meja mesin, kepala lepas juga dapat digerakkan maju mundur (arah melintang), yakni untuk keperluan pembubutan benda yang konis.

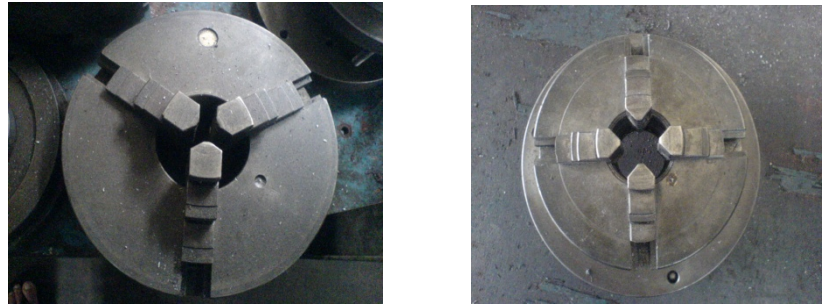
d) Eretan (*Carriage*)

Eretan (*Carriage*) berfungsi untuk menggerakkan pahat pada saat penyayatan benda kerja. Eretan terdiri dari eretan lurus dan eretan melintang. Eretan lurus berfungsi menggerakkan pahat ke arah vertikal dan horizontal. Eretan lurus digerakkan oleh *handle* lingkaran. Sedangkan eretan melintang menggerakkan pahat ke arah vertikal, horizontal dan gerakan menyudut atau samping. Pada eretan melintang digerakkan oleh *handle* poros.

2) Alat Kelengkapan Mesin Bubut

a) *Chuck* (Cekam)

Cekam adalah sebuah alat yang digunakan untuk menjepit benda kerja. Jenisnya ada yang berahang tiga sepusat (*Self centering Chuck*) yang dapat dilihat pada gambar 2.6, dan ada juga yang berahang tiga dan empat tidak sepusat (*Independent Chuck*)



Gambar 2.6. Cekam rahang tiga dan empat tidak sepusat  
(*Independent Chuck*)  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

b) Kunci *Chuck* (Cekam)

Kunci *Chuck* merupakan salah satu alat perkakas yang biasanya digunakan pada mesin bubut. Fungsi kunci *chuck* sebagai alat pengunci pada benda kerja yang dicekam di rahang tetap. *Chuck* mengunci benda kerja yang akan dibuat dengan kuat agar saat benda kerja berputar tetap *centre* dan simetris. Penguncian dilakukan pada ujung *chuck* yang dimasukkan pada lubang rahang tetap dan dikunci dengan kuat.



Gambar 2.7. Kunci *chuck*  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

c) Senter putar

Pemasangan senter putar pada benda kerja dimaksudkan untuk mendukung benda kerja agar tetap senter dan memperkuat pencekaman.



Gambar 2.8. Senter putar  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

d) Bor Senter

Bor senter digunakan untuk membuat lubang senter diujung benda kerja sebagai tempat kedudukan senter putar atau senter tetap yang kedalamannya disesuaikan dengan kebutuhan yaitu sekitar  $1/3 \div 2/3$  dari panjang bagian yang tirus pada bor senter tersebut. Pembuatan lubang senter pada benda kerja diperlukan apabila memiliki ukuran yang relatif panjang atau untuk mengawali pekerjaan pengeboran.



Gambar 2.9. Bor senter  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

e) Rumah Pahat (*tool post*)

Pahat bubut bisa dipasang pada tempat pahat tunggal, atau pada tempat pahat yang berisi empat buah pahat. Apabila pengerjaan pembubutan hanya memerlukan satu macam pahat



lebih baik digunakan tempat pahat tunggal. Apabila pahat yang digunakan dalam proses pemesinan lebih dari satu, misalnya pahat rata, pahat alur, pahat ulir, maka sebaiknya digunakan tempat pahat yang bisa dipasang sampai empat pahat. Pengaturannya sekaligus sebelum proses pembubutan, sehingga proses penggantian pahat bisa dilakukan dengan cepat (*quick change*).



Gambar 2.10. Rumah pahat (*tool post*)  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

f) Kunci L

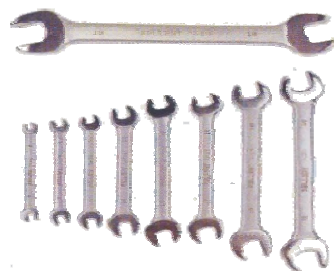
Kunci L (*Toolpost*) berfungsi sebagai pengunci pahat yang akan digunakan untuk menyayat benda kerja. Kunci L memiliki berbagai ukuran diameter diantaranya 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 mm dan sebagainya. Penggunaan kunci L dengan memasukkan ujung depan atau ujung belakang ke dalam baut. Penguncian ini harus kuat karena apabila tidak kuat, pahat kurang maksimal dalam menyayat benda kerja. Bahkan tidak dapat menyayat dan beresiko terjadinya kecelakaan kerja.



Gambar 2.11. Kunci L  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

g) Kunci Pas

Kunci pas digunakan untuk melepas mur dan baut, dan merupakan kunci yang paling mudah dan paling enak digunakan dimana tidak ada yang menghalangi pergerakan kepalanya, Rahang kunci pas dibuat membentuk sudut kira-kira  $15^{\circ}$ (derajat) terhadap tangkainya Hal ini memungkinkan pengguna menggunakan kunci pada posisi dimana akan mencegah dari perputaran penuh 60 derajat yang diperlukan untuk memutar mur kepala segi enam, siap mencengkeramnya kembali untuk perputaran berikutnya.



Gambar 2.12. Kunci pas  
(<http://images.google.co.id>)

### 3) Alat Potong Mesin Bubut

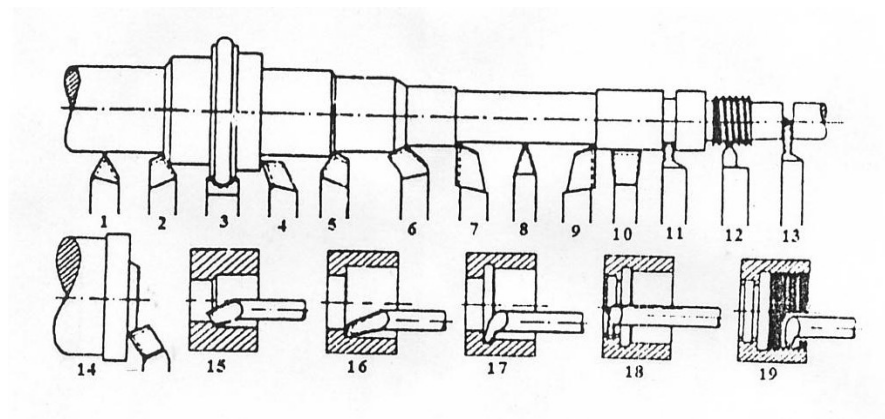
Yang dimaksud dengan alat potong adalah alat/pisau yang digunakan untuk menyayat produk/benda kerja. Dalam pekerjaan pembubutan salah satu alat potong yang sering digunakan adalah pahat bubut. Jenis bahan pahat bubut yang banyak digunakan di industri-industri dan bengkel-bengkel antara lain baja karbon, HSS, karbida, diamond dan ceramik.

Macam-macam alat potong padamesin bubut diantaranya:

#### a) Pahat Bubut

Pahat bubut merupakan pisau penyayat yang digunakan untuk menyayat benda kerja yang akan dibubut. Benda kerja yang akan dibubut mempunyai gerak berputar dan pahat yang menyayat bergerak mendatar, tegak lurus, atau miring terhadap benda kerja dengan gerak lambat. Bahan dan kualitas pahat bubut bermacam-macam tergantung dari kualitas bahan yang akan dibubut.

Macam pahat bubut ditinjau dari segi bahannya adalah HSS, baja keras, baja karbon, dan baja widea. Bentuka pahat bubut yaitu: pahat bubut rata, pahat bubut muka, pahat bubut potong, pahat bubut ulir, pahat bubut bentuk, dan pahat bubut dalam.

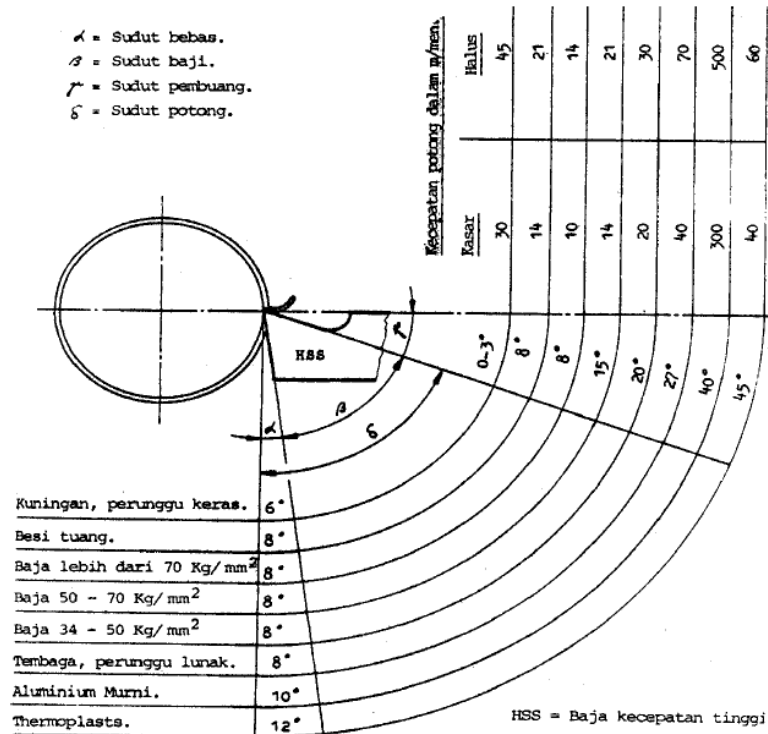


Gambar 2.13. Macam-macam pahat bubut  
(Sunnyoto,2008:25)

Keterangan :

- |                            |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1. Pahat poles pucuk       | 3. Pahat bubut bentuk         |
| 2. Pahat kikis lurus kiri  | 4. Pahat pucuk samping kanan  |
| 5. Pahat kikis lurus kanan | 13. Pahat potong              |
| 6. Pahat kikis tekuk kanan | 14. Pahat kikis samping kanan |
| 7. Pahat bubut rata kanan  | 15. Pahat bubut dalam         |
| 8. Pahat poles pucuk       | 16. Pahat sudut dalam         |
| 9. Pahat bubut rata kiri   | 17. Pahat kait                |
| 10. Pahat poles lebar      | 18. Pahat kait                |
| 11. Pahat alur             | 19. Pahat ulir dalam          |
| 12. Pahat ulir pucuk       |                               |

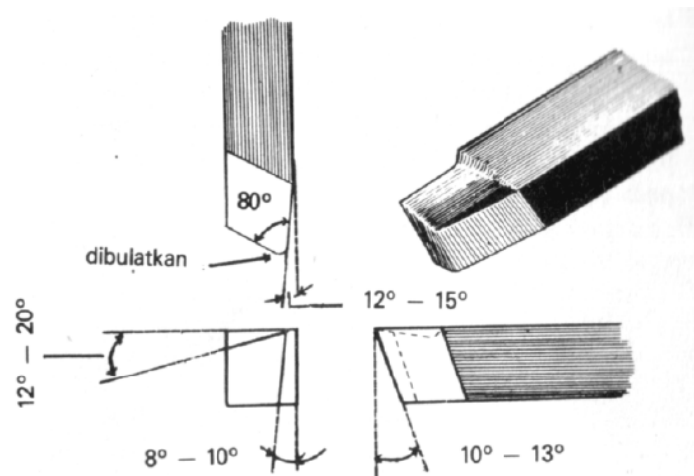
Tabel 2.5. Penggunaan sudut tatal dan sudut bebas pahat bubut (Wirawan Sumbodo, 2008: 254)



Pada proses pembuatan roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas. menggunakan beberapa pahat bubut antara lain :

- Pahat bubut rata kanan

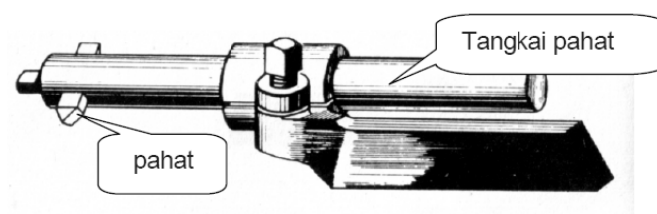
Pahat bubut rata kanan memiliki sudut baji 80° dan sudut-sudut bebas lainnya sebagaimana gambar 2.14, pada umumnya digunakan untuk pembubutan rata memanjang yang pemakanannya dimulai dari kiri ke arah kanan mendekati posisi cekam.



Gambar 2.14. Pahat bubut rata kanan  
(Wirawan Sumbodo, 2008: 255)

- Pahat bubut dalam

Selain pahat bubut rata kanan, pada proses pembubutan ini juga menggunakan pahat bubut dalam. Pahat jenis ini digunakan untuk membubut bagian dalam atau memperbesar lubang yang sebelumnya telah dikerjakan dengan mata bor. Bentuknya juga bermacam-macam dapat berupa pahat potong, pahat alur ataupun pahat ulir, ada yang diikat pada tangkai pahat. Bentuk ada yang khusus sehingga tidak diperlukan tangkai pahat.



Gambar 2.15. Pahat bubut dalam  
(Wirawan Sumbodo, 2008: 255)

b) Mata Bor (*Twist Drill*)

Mata bor adalah suatu alat pembuat lubang atau alur. Mata bor diklasifikasikan menurut ukuran, satuan ukuran, simbol-simbol ukuran, bahan dan penggunaannya. Menurut satuan ukuran, bor dinyatakan dalam mm dan inchi dengan kenaikan bertambah 0,5 mm, misalnya Ø5; Ø5.5, Ø6, Ø6.5, Ø7 dan seterusnya, atau bertanda dengan huruf A ÷ Z.



Gambar 2.16. Mata bor  
(<http://images.google.co.id>)

4) Parameter-Parameter Kerja Mesin Bubut

Berdasarkan proses pengerjaan roda gigi lurus dihasilkan parameter-parameter perhitungan kerja mesin bubut. Menurut Taufiq Rochim (2007:13) parameter dalam proses mesin bubut sebagai berikut :

a) Kecepatan Potong (V)

*Cutting speed* atau kecepatan potong adalah panjang diameter tatal yang terpotong dalam 1 menit. Kecepatan potong sama dengan kecepatan benda kerja, sehingga bila benda berputar satu kali maka panjang yang dilalui ujung pahat sama dengan keliling benda kerja. Sedangkan *feeding* adalah gerakan pemakanan oleh pahat dalam pembubutan. Besarnya kecepatan potong dirumuskan sebagai berikut:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Keterangan :

V = kecepatan potong atau *cutting speed* (m/min)

d = diameter rata-rata atau diameter mula ( $d_o$ ) karena  $d_o$

relatif besar dari diameter akhir  $d_m$  (mm)

n = putaran *spindle* (rpm)

$$\pi = 3,14$$

Tabel 2.6. Kecepatan Potong Material (Joko Darmanto; 2007: 49)

Material	Pahat HSS		Pahat Carbida	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Baja perkakas	75 – 100	25 – 35	185 – 230	110 – 140
Baja karbon rendah	70 – 90	25 – 40	170 – 215	90 – 120
Bajakarbon menengah	60 – 85	20 – 40	140 – 185	75 – 110
Besi cor	40 – 45	25 – 30	110 – 140	60 – 75
Perunggu	85 – 110	45 – 70	185 – 215	120 – 150
aluminium	70 - 110	30 - 45	140 - 215	60 - 90

b) Kedalaman Potong (a)

Kedalaman potong a (mm) dapat kita lakukan dengan penyetelan. Kedalaman potong berarti pengurangan garis tengah benda kerja pada pembubutan memanjang, pada pembubutan membidang berarti pengurangan panjang benda kerja. Besarnya kedalaman tusukan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$a = \frac{d_o - d_m}{2}$$



Keterangan :

$a$  = kedalaman potong atau depth of cut (mm)

$d_o$  = diameter awal (mm)

$d_m$  = diameter akhir (mm)

c) Kecepatan Makan ( $V_f$ )

Kecepatan pemakanan pada mesin bubut adalah gerakan pemakanan oleh pahat dalam proses pembubutan. Besarnya kecepatan pemakanan tergantung pada kehalusan permukaan potong pada benda kerja yang dikehendaki.

$$v_f = f \cdot n$$

Keterangan :

$V_f$  = kecepatan makan atau feed cutting (mm/min)

$f$  = makan atau feed (mm)

$n$  = putaran *spindle* (rpm)

d) Waktu Pemotongan ( $t$ )

Waktu yang digunakan untuk pembubutan benda kerja dipengaruhi oleh kecepatan pemakanan dan dalamnya pemakanan.

$$t_c = \ell_t / v_f$$

Keterangan :

$t$  = waktu pemotongan (min)

$\ell$  = panjang pemesinan (mm)

$V_f$  = kecepatan makan atau *feed cutting* (mm/min)

e) Kecepatan Penghasilkan Geram ( $Z$ )

$$Z = A \cdot v$$

Di mana, penampang geram sebelum terpotong :

$$A = f \cdot a$$

Jadi,  $Z = f \cdot a \cdot v$

Keterangan :

$Z$  = kecepatan menghasilkan geram (cm<sup>3</sup>/min)

$A$  = penampang geram (mm<sup>2</sup>)

$f$  = makan atau feed (mm)

$v$  = kecepatan (mm)

5) Pencekaman Benda Kerja pada Mesin Bubut

Alat pencekam yang bisa digunakan adalah :

- a) Cekam rahang empat (untuk benda kerja tidak silindris). Alat pencekam ini masing-masing rahangnya bisa diatur sendiri-sendiri, sehingga mudah dalam mencekam benda kerja yang tidak silindris.
- b) Cekam rahang tiga (untuk benda silindris). Alat pencekam ini tiga buah rahangnya bergerak bersama-sama menuju sumbu cekam apabila salah satu rahangnya digerakkan.

Pemilihan cara pencekaman tersebut di atas, sangat menentukan hasil proses bubut. Pemilihan alat pencekam yang tepat akan menghasilkan produk yang sesuai dengan kualitas geometris yang dituntut oleh gambar kerja.

c. Mesin Frais

Mesin Frais adalah mesin yang mampu melakukan tugas dari segala mesin perkakas seperti pemotongan sudut, celah, pembuatan roda gigi, pemotongan tepi, dan lain-lain. Secara garis besar mesin frais terbagi menjadi tiga macam, yaitu mesin frais horisontal, mesin frais vertikal dan mesin frais universal.



Gambar 2.17. Mesin frais  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

1) Macam-Macam Mesin Frais

a) Mesin Frais Horizontal

Mesin frais horizontal digunakan untuk pengefraisan benda-benda dengan arah memanjang.

b) Mesin Frais Vertikal

Mesin ini digunakan untuk pengerjaan perkakas seperti pemotongan tepi, pengeboran, perluasan lubang dan pembuatan alur. Satu-satunya perbedaan mesin frais vertikal dengan mesin frais horisontal ialah mesin frais vertikal mempunyai poros utama vertikal yang dapat disetel secara aksial.

### c) Mesin Frais Universal

Mesin frais universal berbeda dengan mesin frais horisontal yaitu meja dari mesin frais universal dengan arah memanjang dapat dimiringkan terhadap poros utama.

Dalam pembuatan roda gigi *roll crusher* atas dan bawah menggunakan mesin frais horizontal.

## 2) Bagian-bagian Utama Mesin Frais

### a) Badan / *Column*

Merupakan bagian yang menyokong seluruh bagian mesin, termasuk didalamnya motor penggerak, susunan roda gigi, pelumas dll.

### b) Lengan

Merupakan bagian mesin yang berguna untuk mendapatkan kedudukan arbor, untuk mesin jenis horizontal.

### c) Lutut / *Knee*

Tempat dudukan meja dan eretan, lutut ditahan oleh sebuah poros berulir untuk menggerakkan meja naik turun.

### d) Eretan

Bagian yang menyokong meja dan terpasang diatas lutut. Eretan dapat bergerak baik memanjang kekiri-kekanan, melintang, maju mundur, naik-turun, dengan memutar pemutar eretan atau dengan cara otomatis menggunakan motor penggerak eretan.

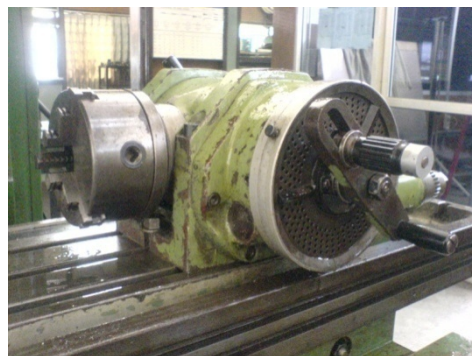
e) *Spindle*

Merupakan poros utama mesin yang berfungsi sebagai tempat kedudukan arbor untuk mengikat pisau frais. *Spindle* akan berputar jika mesin dihidupkankembali sehingga pisau frais ikut berputar.

3) Alat Kelengkapan mesin Frais

a) Kepala pembagi

Alat pembagian benda kerja yang digunakan pada mesin frais adalah kepala pembagi. Kepala pembagi digunakan untuk membagi lingkaran atau keliling benda kerja menjadi bagian yang sama. Kepala pembagi ini biasanya digunakan pada pembuatan roda gigi. Selain itu, alat ini juga dapat digunakan untuk membuat segi banyak yang beraturan dan alur-alur pada poros.



Gambar 2.18. Kepala pembagi  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

Kebanyakan roda cacing yang terdapat pada kepala pembagi bergigi 40 dan poros cacing berulir tunggal sehingga untuk memutar satu putaran benda kerja memerlukan engkol

diputar 40 kali. Pembagian dengan kepala pembagi dapat dilakukan dengan cara langsung, tidak langsung, maupun differensial.

- Pembagian langsung

Pembagian langsung merupakan pembagian yang menggunakan piring pembagi dengan jumlah lubang tertentu. Pembagian ini tergantung dari jumlah lubang-lubang pada piringan pembagi yang tersedia atau dapat digunakan.

- Pembagian Tidak Langsung

Pembagian ini dilakukan jika pembagian secara langsung tidak dapat dilakukan.

- Pembagian differensial

Terdapat pembagian-pembagian yang tidak dapat dilakukan dengan pembagian langsung maupun tak langsung dengan kepala pembagi dan piringan pembagi. Diantaranya berlaku untuk bilangan-bilangan yang tidak dapat dibagi 50. Untuk hal itu digunakan pembagian differensial.

#### 4) Alat potong Mesin Frais

##### a) Pisau Roda Gigi

Sebagaimana alat-alat potong pada mesin bubut, pisau roda gigi dibuat dari bahan baja carbon (*carbon steel*) atau baja

kecepatan potong tinggi (*High Speed Steel* = HSS). Bentuknya dibuat sedemikian rupa sehingga hasil pemotongnya membentuk profil gigi,

Macam-macam pisau frais roda gigi :

- Tipe *plain*

Digunakan baik untuk pemotongan pengasaran maupun untuk penyelesaian (*finishing*) pada roda gigi dengan profil gigi kecil (modul kecil)



Gambar 2.19. *Gear plain cutter* (pisau gigi tipe *plain*)  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

1. Tipe *Stocking*

Pada gigi pemotong mempunyai alur yang selang-seling. Beram (tatal) akan terbuang sebagian melalui alur-alur. Karena alurnya berselang-seling, maka pada benda kerja tidak akan terjadi garis-garis. *Cutter* tipe ini digunakan untuk pengefraisan pengasaran pada roda gigi dengan profil besar ( $\text{modul} = 2,5 \div 12$ )



Gambar 2.20. *Gear stocking cutter* (pisau gigi tipe *stocking*).  
(Wirawan Sumbodo, 2008: 321)

b) Ukuran pisau frais roda gigi

Untuk setiap nomor *cutter* hanya dipakai untuk memotong roda gigi dengan jumlah gigi tertentu. Hal ini dibuat mengingat bahwa roda gigi dengan jumlah gigi sedikit profil giginya akan sedikit berbeda dengan profil gigi dari roda gigi dengan jumlah gigi banyak.

Tabel 2.7. Pemilihan nomor pisau sistem modul (wirawan sumbodo, 2008: 321)

Nomor Pisau Frais	Untuk roda gigi bergigi antara
1	12 – 13 gigi
2	14 – 16 gigi
3	17 – 20 gigi
4	21 – 25 gigi
5	26 – 34 gigi
6	35 – 54 gigi
7	55 – 134 gigi
8	135 – batang gigi ( <i>rack</i> )



### 5) Parameter – Parameter Mesin Frais

Berdasarkan proses pengerjaan roda gigi lurus dihasilkan parameter-parameter perhitungan kerja mesin frais.

#### a) Parameter pembuatan roda gigi

Tabel 2.8. Parameter roda gigi lurus

No.	Nama	Simbol	Rumus
1.	Jumlah gigi	$z$	$z = d/m$
2.	Modul	$m$	$m = d/z$
3.	Diameter tusuk	$d$	$d = Z \cdot m$
4.	Dimeter kepala	$dk$	$dk = m(z+2)$
5.	Tinggi kaki gigi	$hf$	$hf = 1.166 \cdot m$
6.	Tinggi kepala gigi	$hk$	$hk = 1 \cdot m$
7.	Tinggi gigi	$h$	$h = hk + hf$
8.	Lebar gigi	$b$	$10 \text{ s/d } 15 \cdot m$

#### b) Putaran engkol kepala pembagi

$$Nc = \frac{i}{z} = \frac{40}{z}$$

Keterangan :

$i$  = perbandingan roda gigi cacing pada kepala pembagi

$Z$  = Jumlah gigi yang akan dibuat

#### c) Kecepatan potong / *Cutting Speed*

Jumlah putaran tergantung pada *cutting speed* yang telah diizinkan dan pada diameter pahat yang dipergunakan adalah:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$n$  = putaran (rpm)

$v$  = cutting speed (m/menit)

$d$  = diameter pisau frais (mm)

Tabel 2.9. *Cutting speed* dari berbagai material (Umaryadi; 2007: 27)

Material	<i>High speed steel cutter</i>		<i>Carbide cutter</i>	
	ft/min	m/min	ft/min	m/min
Baja mesin	70 – 100	21 – 30	150 – 250	45 – 47
Baja perkakas	60 – 70	18 – 20	125 – 200	40 – 80
Besi cor	50 – 80	15 – 25	125 – 200	40 – 80
Perunggu	65 – 120	20 – 30	200 – 400	80 – 120
Aluminium	500 - 1000	150 - 300	1000 - 2000	150 - 300

d) Kecepatan pemakanan (*feeding*)

Kecepatan pemakanan pada mesin frais adalah gerakan pemakanan oleh pahat dengan menggeser meja kerja. Besarnya kecepatan pemakanan tergantung pada kehalusan permukaan potong pada benda kerja yang dikehendaki.

$$fz = vf / (z \cdot n)$$

Keterangan :

$f_z$  = gerak makan per gigi

$V_f$  = kecepatan makan (mm)

$n$  = putaran *spindle* (rpm)

$z$  = jumlah gigi (mata potong)

Tabel 2.10. *Feed* untuk proses frais (umaryadi; 2007: 28)

Material benda kerja	Kedalaman penyayatan/ <i>feed</i> tiap gigi dari jenis pisau potong dari bahan HSS (millimeter)				
	Face/muka	<i>Helical</i> /silindris	<i>Slotting</i> /alur dan sisi	<i>End</i> /ujung	<i>Form</i> /bentuk
Baja mesin	0.30	0.25	0.18	0.15	0.10
Baja perkakas	0.25	0.20	0.15	0.13	0.08
Baja <i>stainless</i>	0.15	0.13	0.10	0.08	0.05
Besi cor	0.33	0.25	0.18	0.18	0.10
Perunggu dan kuningan	0.35	0.28	0.20	0.18	0.10
aluminium	0.55	0.45	0.33	0.28	0.18

e) Perhitungan waktu mesin untuk mesin frais

$$t_c = \ell_t / v_f$$

Keterangan :

$t$  = waktu pemotongan (min)

$l$  = panjang pemesinan (mm)

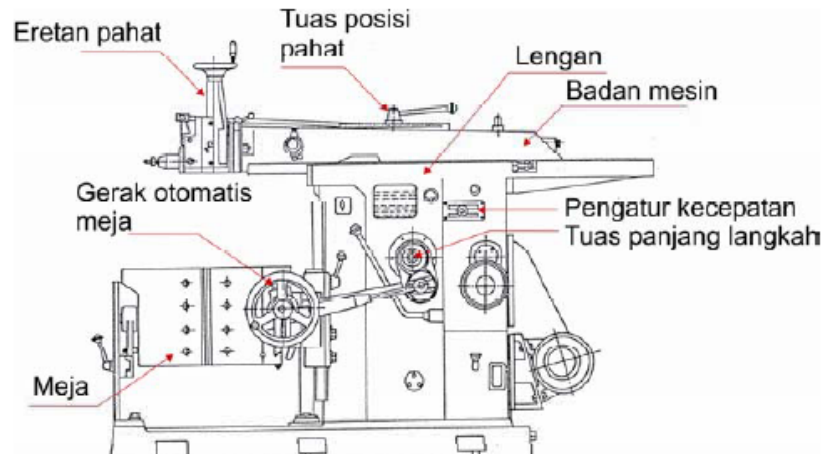
$v_f$  = kecepatan makan atau *feed cutting* (mm/min)

d. Mesin Sekrap

Mesin Sekrap (*shaping machine*) disebut pula mesin ketam atau serut. Mesin ini digunakan untuk mengerjakan bidang-bidang yang rata, cembung, cekung, beralur, dll., pada posisi mendatar, tegak, ataupun miring. Mesin Sekrap adalah suatu mesin perkakas dengan gerakan utama lurus bolak-balik secara vertikal maupun horizontal.

Prinsip pengerjaan pada Mesin Sekrap adalah benda yang disayat atau dipotong dalam keadaan diam (dijepit pada ragum) kemudian pahat bergerak lurus bolak balik atau maju mundur melakukan penyayatan. Hasil gerakan maju mundur lengan mesin/pahat diperoleh dari motor yang dihubungkan dengan roda bertingkat melalui sabuk (*belt*). Dari roda bertingkat, putaran diteruskan ke roda gigi antara dan dihubungkan ke roda gigi penggerak engkol yang besar. Roda gigi tersebut beralur dan dipasang engkol melalui tap. Jika roda gigi berputar maka tap engkol berputar eksentrik menghasilkan gerakan maju mundur lengan. Kedudukan tap dapat digeser sehingga panjang eksentrik berubah dan berarti pula panjang langkah berubah.

1) Bagian – bagian utama mesin sekrap



Gambar 2.21. Mesin sekrap dan bagian – bagian utama mesin sekrap  
(Widarto, 2008: 239)

a) Badan Mesin

Merupakan keseluruhan mesin tempat mekanik penggerak dan tuas pengatur.

b) Meja Mesin

Fungsinya merupakan tempat kedudukan benda kerja atau penjepit benda kerja. Meja mesin didukung dan digerakkan oleh eretan lintang dan eretan tegak. Eretan lintang dapat diatur otomatis.

c) Lengan

Fungsinya untuk menggerakkan pahat maju mundur. Lengan diikat dengan engkol menggunakan pengikat lengan. Kedudukan lengan di atas badan dan dijepit pelindung lengan agar gerakannya lurus.

d) Eretan Pahat

Fungsinya untuk mengatur ketebalan pemakanan pahat. Dengan memutar roda pemutar maka pahat akan turun atau naik.

Ketebalan pemakanan dapat dibaca pada *dial*. Eretan pahat terpasang di bagian ujung lengan dengan ditumpu oleh dua buah mur baut pengikat. Eretan dapat dimiringkan untuk penyekrapan bidang bersudut atau miring. Kemiringan eretan dapat dibaca pada pengukur sudut eretan.

e) Pengatur Kecepatan

Fungsinya untuk mengatur atau memilih jumlah langkah lengan mesin per menit. Untuk pemakanan tipis dapat dipercepat. Pengaturan harus pada saat mesin berhenti.

f) Pengatur Panjang Langkah

Berfungsi mengatur panjang pendeknya langkah pahat atau lengan sesuai panjang benda yang disekrap. Pengaturan dengan memutar tap ke arah kanan atau kiri.

g) Tuas Posisi Pahat

Tuas ini terletak pada lengan mesin dan berfungsi untuk mengatur kedudukan pahat terhadap benda kerja. Pengaturan dapat dilakukan setelah mengendorkan pengikat lengan.

h) Tuas Pengatur Gerak Otomatis Meja Melintang

Untuk menyekrap secara otomatis diperlukan pengaturan – pengaturan panjang engkol yang mengubah gerakan putar mesin pada roda gigi menjadi gerakan lurus meja. Dengan demikian meja melakukan gerak insutan (*feeding*).

## 2) Parameter – parameter Mesin Sekrap

Berdasarkan proses pengerjaan rumah *bearing roll crusher* atas dihasilkan parameter-parameter perhitungan kerja mesin sekrap. Menurut Widarto(2008:243) parameter dalam proses mesin sekrap sebagai berikut :

### a) Kecepatan potong rata – rata :

$$v = \frac{n_p \cdot l_t \cdot (1 + R_s)}{2 \cdot 1000} \text{ mm/menit}$$

$n_p$  = jumlah langkah per menit

$$l_t = l_v + l_w + l_n$$

$$l_v \approx 20 \text{ mm}$$

$$l_n \approx 10 \text{ mm}$$

### b) Kecepatan makan :

$$v_f = f \cdot n_p \text{ (mm/min)}$$

keterangan :

$f$  = gerak makan (mm/langkah)

$n_p$  = jumlah langkah per menit

### c) Waktu pemotongan :

$$t_c = w / v_f \text{ (min)}$$

$w$  = lebar pemotongan benda kerja (mm)

$v_f$  = kecepatan makan (mm/min)

### d) Kecepatan penghasilan geram :

$$Z = A \cdot \bar{v} \text{ (cm}^3\text{/min)}$$

Dimana,  $A = f \cdot a = h \cdot b$

Keterangan :

$\bar{v}$  = kecepatan makan rata – rata

$f$  = gerak makan (mm/langkah)

$a$  = kedalaman potong ( $\text{mm}^2$ )

e. Mesin Gerinda

Mesin gerinda adalah suatu mesin yang digunakan untuk menghaluskan permukaan benda, membentuk benda menjadi bentuk yang dikehendaki dan dapat mencapai ketelitian yang tinggi. Mesin gerinda digunakan untuk menajamkan kembali sisi potong yang telah tumpul akibat proses pengerjaan logam, seperti : *milling cutter*, pahat bubut, pahat sekrap, mata bor, *countersink*, handtap dan sebagainya.



Gambar 2.22. Mesin gerinda  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

f. Mesin *Slotting*

Mesin slotting adalah mesin yang fungsinya untuk membuat alur segi pada roda gigi, puli dan sebagainya. Prinsip kerja mesin ini hampir sama dengan mesin sekrap, yaitu dengan cara menyayat benda kerja. Mesin ini mempunyai lengan yang berfungsi sebagai pemegang pahat sekaligus sebagai pembentuk alur spi dengan gerak naik turun.



Gambar 2.23. Mesin *Slotting*  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

g. Mesin Bor Meja

Mesin bor ini dapat dipakai untuk membuat lubang dengan diameter lebih besar dari lubang yang dibuat oleh mesin bor tangan. Konstruksinya juga lebih kompleks dibanding dengan mesin bor tangan. Kapasitas mesin bor meja adalah 13 milimeter, artinya mesin ini chucknya dapat menjepit mata bor berdiameter 13 milimeter. Mesin bor ini dilengkapi dengan meja tempat kedudukan ragam mesin atau tempat menjepit benda kerja yang akan dibor.

Mesin bor ini digerakkan oleh motor listrik, dimana putaran yang dihasilkan oleh motor listrik dengan menggunakan pulley dipindah ke poros utama motor. Karena mesin ini dilengkapi dengan cara bertingkat, maka putaran yang dihasilkan oleh motor dapat diperbesar atau diperkecil sesuai dengan kebutuhan.

Adapun bentuk dari mesin bor meja dapat dilihat pada gambar dibawah ini.





Gambar 2.24. Mesin bor meja  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

Tabel 2.11. Kecepatan potong untuk mata bor jenis HSS  
(Sumantri, 1989 : 262)

No	Bahan	Meter/menit	Feet/Menit
1	Baja karbon rendah (0,05 – 0,30% C)	24,4 – 33,5	80 – 100
2	Baja karbon menengah (0,30 – 0,60 %C)	21,4 - 24,4	70 – 80
3	Baja karbon tinggi (0,60 – 1,70%C)	15,2 – 18,3	50 – 60
4	Baja tempa	15,2 – 18,3	50 – 60
5	Baja campuran	15,2 – 21,4	50 – 70
6	Stainless steel	9,1 – 12,2	30 – 40
7	Besi tuang lunak	30,5 – 45,7	100 -150
8	Besi tuang keras	21,4 – 20,5	70 – 100
9	Besi tuang dapat tempa	24,4 – 27,4	80 – 90
10	Kuningan dan bronze	61,0 – 91,4	200 – 300
11	Bronze dengan tegangan tarik tinggi	21,4 – 45,7	70 – 150
12	Logam monel	12,2 – 15,2	40 – 50
13	Alumunium dan alumunium paduan	61,0 – 91,4	200 – 300
14	Magnesium dan magnesium paduan	76,2 – 122	250 – 400
15	Marmer dan batu	4,6 – 7,6	15 – 25
16	Bakelit dan sejenisnya	91,4 - 122	300 - 400

Parameter – parameter mesin bor

1) Kecepatan potong :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} ; \text{m/min}$$

Keterangan ;

d=diameter mata bor (mm)

$n$  = putaran *spindle* (r)/min

2) Gerak makan per mata potong :

$$f_z = v_f / (n z) ; z = 2 ; \text{mm/(r)}$$

keterangan

$v_f$  = kecepatan makan

$n$  = putaran *spindle*

3) Kedalaman potong :

$$a = d / 2 ; \text{mm}$$

4) Waktu pemotongan :

$$t_c = l_t / v_f ; \text{min}$$

$$l_t = l_v + l_w + l_n ; \text{mm, dimana } l_n = (d/2) / \tan k_1 ; \text{mm}$$

5) Kecepatan penghasilan geram :

$$Z = \frac{\pi d^2}{4} \frac{v_f}{1000} ; \text{cm}^3 / \text{menit}$$

## 2. Alat Perkakas dan Alat Bantu

### a. Jangka Sorong (*Vernier caliper*)

Vernier caliper atau mistar insut adalah alat ukur presisi, sehingga dapat digunakan mengukur benda kerja secara presisi dengan tingkat ketelitian sampai 0,01 mm. digunakan untuk mengukur diameter luar, diameter dalam, dan panjang.



Gambar 2.25. Jangka sorong (*vernier caliper*)

b. Alat ukur Tinggi (*Height Gauge*)

Pengukur tinggi adalah alat yang digunakan untuk mengukur tinggi sekaligus menarik garis sejajar dan juga dapat untuk memeriksa ukuran tinggi. Ukuran yang banyak digunakan adalah 300 mm sampai dengan 600 mm. Batang tetap dilengkapi dengan pembagian skala terkecil sampai 1 mm dan 1/20". Sedangkan pada rahang geraknya terdapat skala nonius yang ketelitiannya hingga 0,01 mm dan 0,001.



Gambar 2.26. *Height gauge*  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

c. Tap dan Tangkai Tap

Tap adalah suatu alat yang digunakan dalam membuat ulir dalam (mur). Tiap satu set, tap terdiri dari 3 buah yaitu tap no.1 (*Intermediate tap*) mata potongnya tirus digunakan untuk pengetapan langkah awal, kemudian dilanjutkan dengan tap no. 2 (*Tapper tap*) untuk pembentukan ulir, sedangkan tap no. 3 (*Bottoming tap*) dipergunakan untuk penyelesaian.



Gambar 2.27. Tap Dan Tangkai Tap  
(<http://images.google.co.id>)

d. Ragum

Ragum adalah alat untuk menjepit benda kerja, untuk membuka rahang ragum dilakukan dengan cara memutar tangkai/tuas pemutar ke arah kiri (berlawanan arah jarum jam) sehingga batang berulir akan menarik landasan tidak tetap pada rahang tersebut, demikian pula sebaliknya untuk pekerjaan pengikatan benda kerja tangkai pemutar diputar ke arah kanan (searah jarum jam).



Bambar 2.28. Ragum  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

e. Mistar gulung

Mistar gulung dibuat dari baja tipis dan sifatnya lentur sehingga dapat digunakan untuk mengukur bagian-bagian yang cembung dan menyudut. Ketelitian mistar gulung yaitu 0,5 mm panjangnya bervariasi, mulai dari 2 m hingga 50 m.



Gambar 2.29. Mistar gulung  
(<http://images.google.co.id>)

f. Penggaris siku

Penggaris siku merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kelurusan, kesejajaran dan kesikuan pada benda kerja.



Gambar 2.30. Penggaris siku  
(<http://images.google.co.id>)

g. Penggores

Penggores digunakan untuk membuat tanda maupun gambar pada benda kerja berupa garis.



Gambar 2.31. Penggores  
(<http://images.google.co.id>)

h. Penitik

Penitik digunakan untuk memberi tanda pada benda kerja. Penitik pusat ini digunakan untuk memberi tanda berupa titik pusat, biasa digunakan sebelum dilakukan proses pengeboran. Penitik pusat mempunyai sudut mata sebesar  $90^\circ$ .



Gambar 2.32. Penitik pusat  
(<http://images.google.co.id>)

i. Palu

Digunakan sebagai alat bantu saat melakukan proses penitikkan ataupun penyekrapan.



Gambar 2.33. Palu  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

j. Kikir

Kikir adalah suatu peralatan untuk mengikis / mengetam permukaan bahan besi siku, sehingga dapat menghasilkan permukaan benda kerja yang halus. Kikir dibuat dari baja karbon tinggi yang ditempa dan sesuai dengan panjangnya, bentuknya, jenisnya dan gigi pemotongannya.



Gambar 2.34. Kikir  
(Bengkel Pemesinan FT. UNY)

Kikir digunakan untuk mengerjakan bahan-bahan yang keras sebab permukaan benda kerja akan tergesek dengan baik tanpa tenaga besar, sudut potongannya yang besar itu memberikan perlawanan yang baik terhadap mata potongan itu.

### 3. Alat pelindung Diri

#### a. Kacamata Pelindung

Pada saat bekerja di mesin bubut operator harus selalu menggunakan kacamata. Kaca mata berfungsi untuk melindungi mata operator dari beram (tatal) yang dihasilkan saat mesin bubut dioperasikan. Pada pekerjaan dengan mesin yang lain, kacamata digunakan untuk melindungi mata dari panas yang dihasilkan dari mesin tersebut, sinar yang menyilaukan, dan juga dari debu. Contohnya adalah pada pengerjaan menggerinda, memahat, dan mengefrais.



Gambar 2.35. Kacamata pelindung

b. Pakaian Kerja (*Wearpack*)

Pada saat bekerja di bengkel kita harus menggunakan pakaian kerja. Ini dilakukan untuk menjaga keselamatan tubuh kita dari kecelakaan yang tidak kita inginkan. Saat pengerjaan di mesin bubut pakaian kerja akan melindungi kita dari beram (tatal) panas yang melayang saat operator mengoperasikan mesin. Di samping itu, pakaian kerja juga dipakai untuk mencegah kotoran dan hal-hal lain yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja bagi operator

Oleh karena itu, pakaian kerja yang digunakan operator tidak boleh mengganggu pergerakan tubuh operator dan jenis kainnya juga tidak menimbulkan rasa panas saat dipakai. Selain itu, pakaian kerja yang dipakai juga harus dalam keadaan rapi dan kondisinya. Bagian pakaian yang sobek dapat tersangkut pada bagian-bagian mesin yang bergerak. Kancing baju juga harus rapi. Lengan baju kerja tersebut juga lebih baik jika dibuat pendek di atas siku terutama untuk operator pada mesin bubut dan frais.



Gambar 2.36. Pakaian kerja



c. Sarung Tangan

Alat ini digunakan untuk melindungi tangan dari kecelakaan kerja. Berdasarkan jenis bahannya sarung tangan dikelompokkan sebagai berikut.

1) Sarung Tangan Kain

Sarung tangan kain digunakan untuk memperkuat pegangan agar tidak meleset. Contohnya, pada saat memegang suatu benda yang berminyak dari bagian-bagian mesin atau bahan baja.

2) Sarung Tangan Asbes

Sarung tangan asbes digunakan untuk melindungi tangan terhadap bahaya pembakaran api. Sarung tangan ini kita gunakan setiap pemegangan benda yang panas, seperti dalam pengelasan dan pekerjaan tempa.

3) Sarung Tangan Karet

Sarung tangan karet digunakan ada waktu pekerjaan pelapisan logam, seperti pernikel, perkhrom, dan proses pelapisan lainnya.



Gambar 2.37. Sarung tangan kain

### **BAB III**

#### **KONSEP PEMBUATAN**

##### **A. Konsep Pembuatan Roda Gigi *Roll Crusher* Atas**

1. Pemotongan bahan

Poros Ø 64 x 500 mm dipotong menjadi Ø 64 x 40 mm sebanyak 2 buah.

2. Pengurangan Volume

a. Pembubutan

- 1) Bubut muka/*facing*.
- 2) Bubut rata menjadi sepanjang 15 mm.
- 3) Balik benda kerja untuk mengerjakan sisi sebaliknya.
- 4) Bubut facing sampai ukuran tebal benda menjadi 32 mm.
- 5) Dibor senter dan bor benda Ø 20 mm hingga tembus.
- 6) Bubut dalam benda Ø 25 mm hingga tembus.
- 7) Lepas benda, pasang benda pada mandrel.
- 8) Bubut rata menjadi Ø 60 mm.
- 9) Bubut bertingkat menjadi Ø 60 x 12 mm dan Ø 35 x 20 mm.
- 10) Chamfer 1 x 45° pada kedua sisi benda.

b. Pengefraisan

Roda gigi *roll crusher* atas dengan jumlah gigi 28 menggunakan pisau frais modul 2 nomor 5.

c. *Slotting*

Buat alur pasak pada roda *gigi roll crusher* atas dengan ukuran 3 x 6 mm.

d. *Finishing*

kikir untuk menghaluskan bekas fraisan yaitu gigi yang kurang rapi.

3. Proses Perlakuan Panas

Roda gigi dipanaskan dengan suhu 750° ditahan selama 2 jam, kemudian dicelup oli.

**B. Konsep Pembuatan Roda Gigi *Roll Crusher* Bawah**

1. Pemotongan Bahan

Poros Ø 64 x 420 mm dipotong menjadi Ø 54 x 30 mm sebanyak 2 buah.

2. Pengurangan volume

a. Pembubutan

- 1) Bubut muka/*facing*.
- 2) Bubut rata sepanjang 15 mm.
- 3) Balik benda kerja untuk mengerjakan sisi sebaliknya.
- 4) Bubut muka/*facing* sampai ukuran tebal benda menjadi 25 mm.
- 5) Dibor senter dan bor benda Ø 16 mm hingga tembus.
- 6) Bubut dalam benda Ø 20 mm hingga tembus.
- 7) Lepas benda, pasang benda pada mandrel.
- 8) Bubut rata menjadi Ø 57 mm.
- 9) Champer 1 x 45° pada kedua sisi benda.

b. Pengefraisan

Untuk roda gigi *roll crusher* bawah dengan jumlah gigi 17 menggunakan pisau frais modul 3 nomor 3.

c. *Slotting*

Buat alur pasak pada roda gigi *roll crusher* bawah dengan ukuran 3 x 6 mm.

d. Finishing

Kikir untuk menghaluskan bekas fraisan yaitu gigi yang kurang rapi.

3. Proses Perlakuan Panas

Roda gigi dipanaskan dengan suhu 750° ditahan selama 2 jam, kemudian dicelup oli.

**C. Konsep Pembuatan Rumah *Bearing Roll Crusher* Atas (*Bearing House*)**

1. Penguranagn volume

a. Penyekrapan

- 1) Sekrap salah satu bidang hingga rata.
- 2) Sekrap bidang sebaliknya hingga rata.
- 3) Sekrap bidang selanjutnya hingga ukuran 55 mm.
- 4) Sekrap bidang selanjutnya hingga ukuran 130 mm.
- 5) Tandai dengan penitik bagian yang akan dibubut dalam.

b. Pembubutan

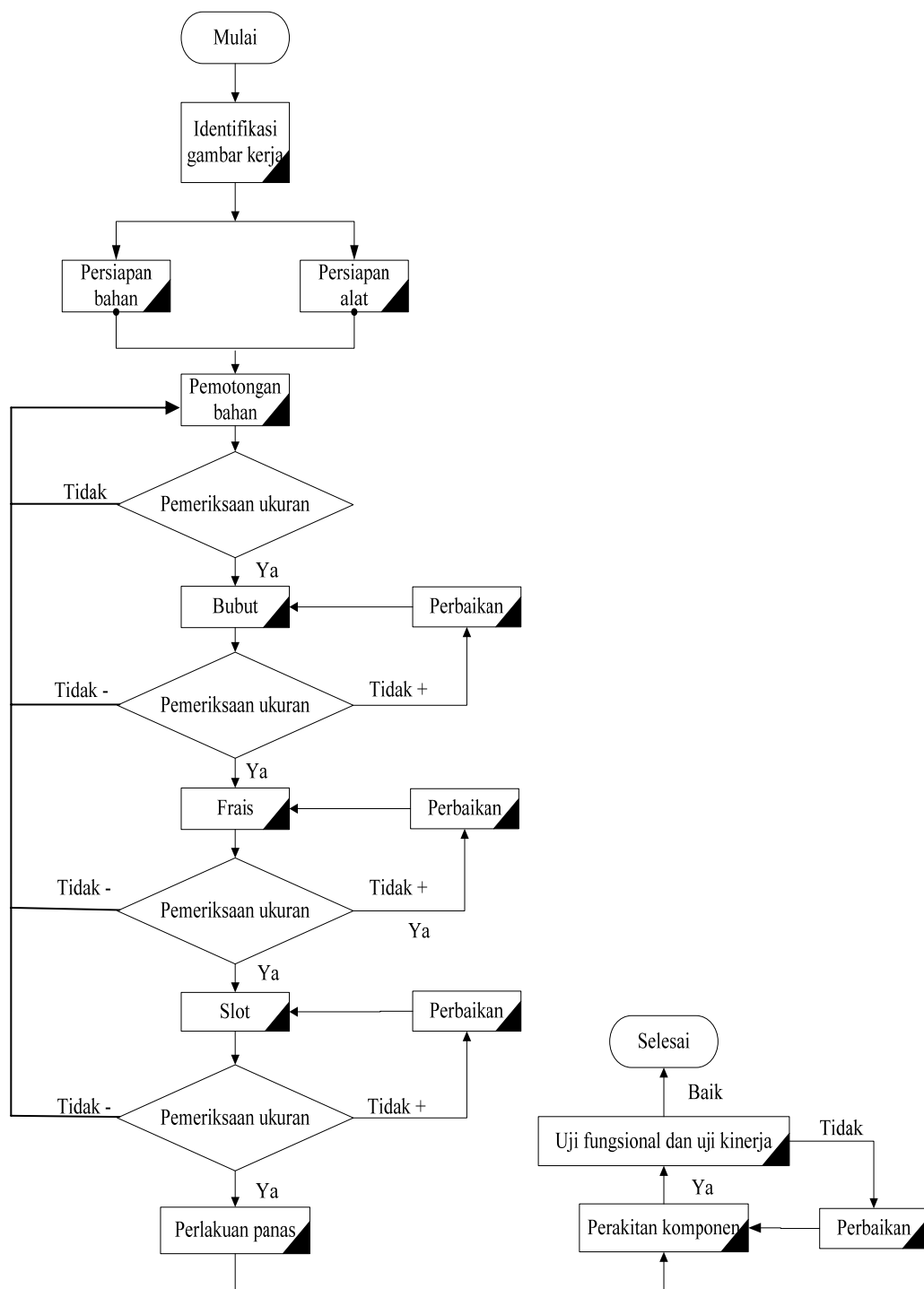
- 1) Bor senter salah satu bagian yang akan dibubut dalam.
- 2) Bor Ø 20 mm hingga tembus.
- 3) Bubut dalam Ø 30 mm hingga tembus.

- 4) Bubut dalam Ø 47 dengan panjang 12 mm.
- 5) Bor senter bagian lain yang akan dibubut dalam.
- 6) Bor Ø 20 mm hingga tembus.
- 7) Bubut dalam Ø 30 mm hingga tembus.
- 8) Bubut dalam Ø 47 dengan panjang 12 mm.

## D. Diagram Alir

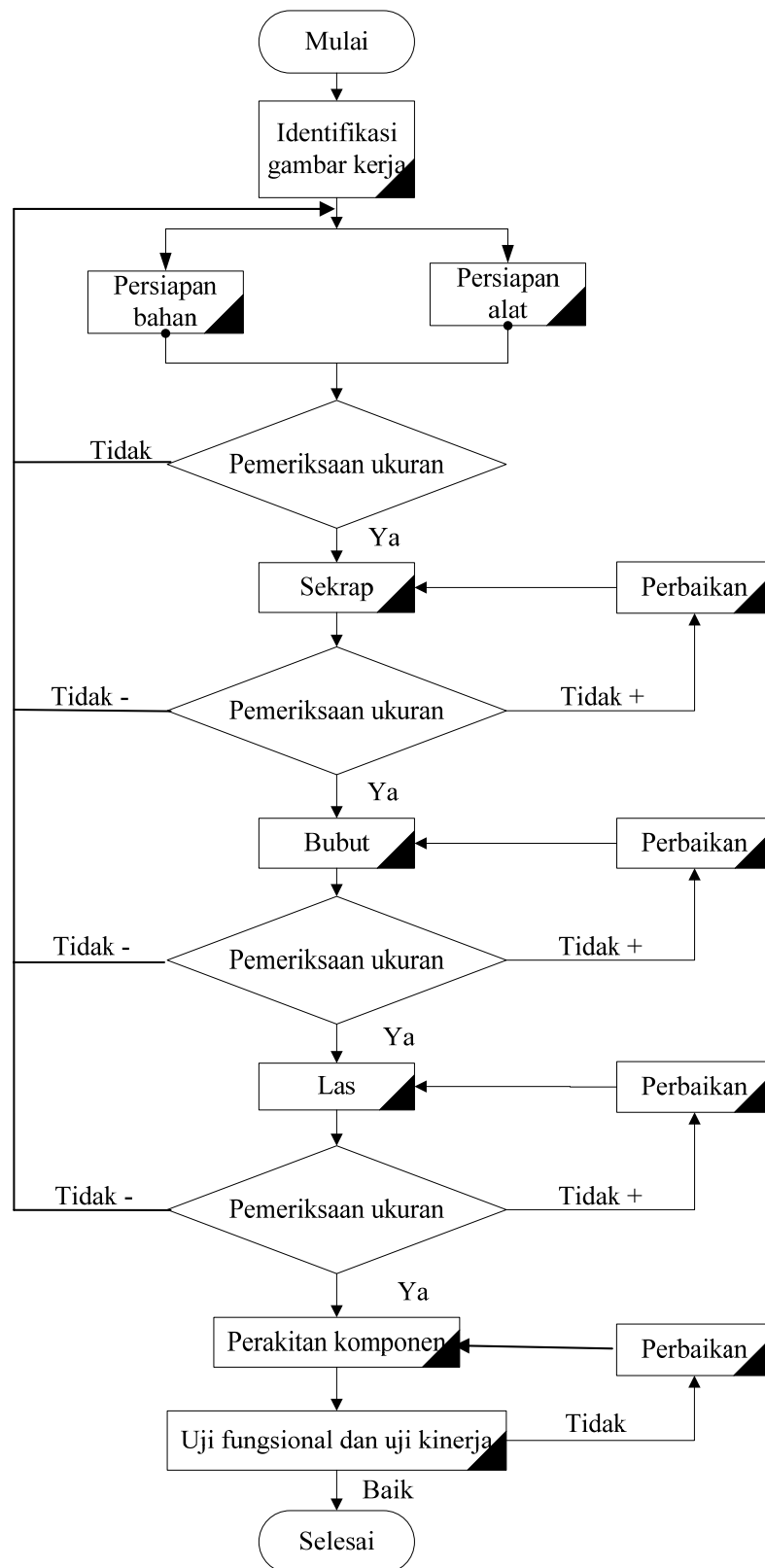
### 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Roda Gigi *Roll Crusher* dan Roda Gigi

#### *Roll Crusher* Bawah



Gambar 3.1 Diagram alir proses pembuatan roda gigi atas dan roda gigi bawah

## 2. Diagram Alir Proses Pembuatan Rumah *Bearing Roll Crusher* Atas



Gambar 3.2. Diagram alir proses pembuatan rumah *bearing roll crusher* atas

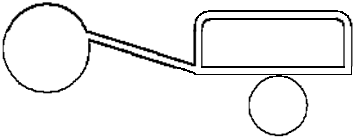
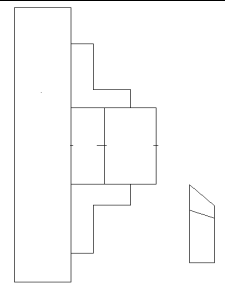
## BAB IV

### PROSES PEMBUATAN, HASIL DAN PEMBAHASAN

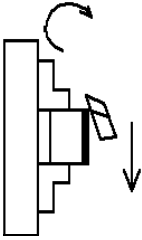
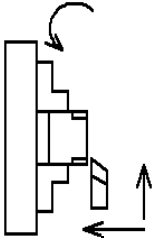
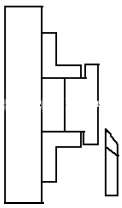
#### A. Proses Pembuatan

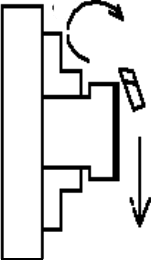
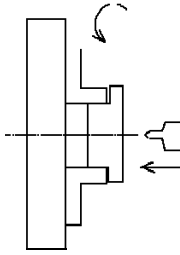
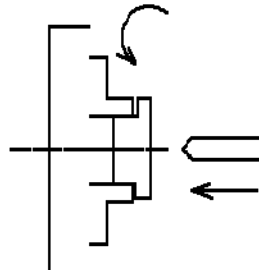
##### 1. Roda Gigi *Roll Crusher* Atas

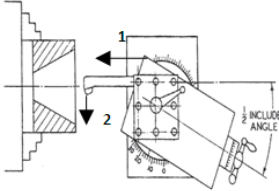
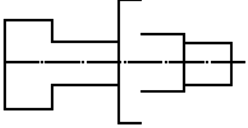
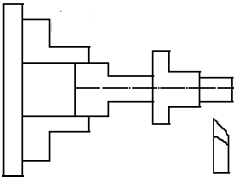
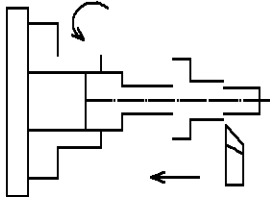
Tabel 4.1. Proses pembuatan roda gigi *roll crusher* atas

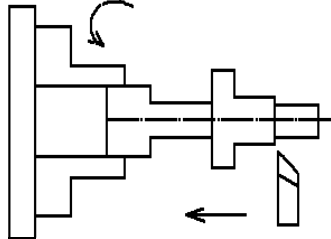
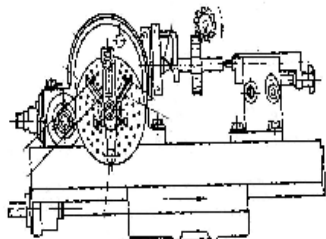

No.	Proses pengerjaan	Alat yang digunakan	Langkah kerja	Keterangan
1.	<p>Pemotongan bahan</p> 	<p><b>Alat :</b>mesin gergaji, Jangka sorong, penggores, coolant.</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, sepatu kerja, wearpack</p>	<p>1. Ukur dan tandai permukaan poros yang akan dipotong dengan jangka sorong dan penggores.</p> <p>2. Poros dipotong dengan mesin gergaji</p>	<p>Dipotong ukuran : Ø 64 x 40 mm 2 buah</p>
2.	<p>Setting pahat dan benda kerja pada mesin bubut</p> 	<p><b>Alat:</b>mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, senter putar</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<p>1. Pasang benda kerja pada chuck mesin bubut</p> <p>2. Setting pahat bubut setinggi senter putar</p>	

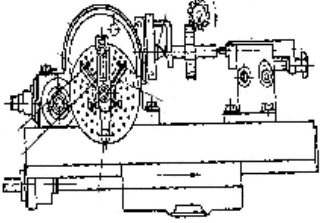
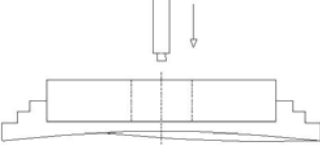
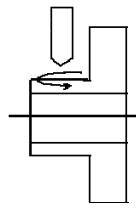
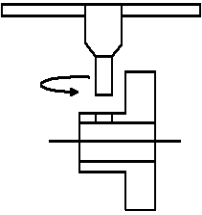


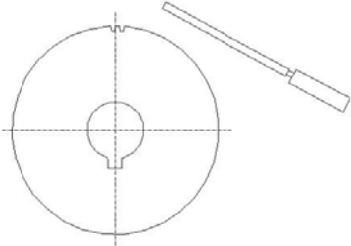
3.	<p>Bubut muka</p> 	<p><b>Alat:</b>mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, senter putar</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Bubut muka hingga benda kerja menjadi rata	
4.	<p>Bubut rata</p> 	<p><b>Alat :</b>mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Bubut rata benda kerja sepanjang 15 mm	
5.	<p>Balik benda kerja untuk mengerjakan bidang sebaliknya</p> 	<p><b>Alat :</b>mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Lepas benda kerja dari <i>chuck</i> mesin bubut lalu balik benda kerja untuk mengerjakan bidang sebaliknya	

6.	<p>Bubut muka</p> 	<p><b>Alat:</b>mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, senter putar</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<p>Bubut muka sampai ukuran tebal benda menjadi 32 mm</p>	
7.	<p>Pasang bor senter dan bor senter benda</p> 	<p><b>Alat :</b>mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, bor senter</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<p>Bor senter benda untuk awalan proses pengeboran</p>	
8..	<p>Bor benda</p> 	<p><b>Alat :</b>mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, mata bor Ø 10 mm, Ø 16 mm dan Ø 20 mm</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<p>Bor benda dari ukuran terkecil, bor sampai tembus dan lubang dijadikan Ø 20 mm</p>	

9.	<p>Bubut dalam</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut dalam, jangka sorong</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Bubut dalam benda hingga ukuran menjadi Ø 25 sampai tembus	
10.	<p>Lepas benda kerja dan pasang mandrel</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, mandrel, mesin pres</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Pasang mandrel pada blank roda gigi dengan mesin pres	
11.	<p>Setting mandel pada mesin bubut</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, mandrel, senter putar</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Pasang mandrel pada chuck mesin bubut	
12.	<p>Bubut rata dan bubut bertingkat</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, mandrel, senter putar</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<p>1. Bubut rata benda hingga menjadi Ø 60 mm</p> <p>2. Bubut bertingkat Ø 35 x 20 mm</p>	

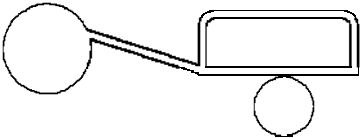
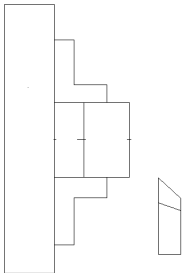
13.	<p>Bubut champer</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, mandrel, senter putar</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Champer 1 x 45° kedua sisi benda	
14.	<p>Setting benda pada mesin frais</p> 	<p><b>Alat</b>:mesin frais dan kelengkapannya, kepala pembagi, pisau frais modul 3 nomor 3, mandrel dan alat lainnya</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pasang benda kerja pada chuck kepala pembagi pada mesin frais</li> <li>2 Setting pisau frais dan kedalaman gigi yang akan dibuat</li> </ol>	
15.	<p>Setting putaran kepala pembagi</p> 	<p><b>Alat</b>:mesin frais dan kelengkapannya, kepala pembagi, pisau frais modul 2 nomor 5</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Setting piringan pembagi untuk jumlah gigi 28	

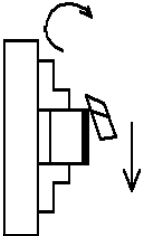
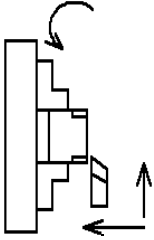
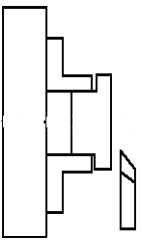
16.	<p>Frais benda untuk pembuatan roda gigi</p> 	<p><b>Alat:</b>mesin frais dan kelengkapannya, kepala pembagi, pisau frais modul 2 nomor 5</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<p>Frais benda untuk pembuatan gigi dengan jumlah gigi <math>Z = 28</math> gigi</p>	<p>Pembuatan roda gigi dapat dikerjakan pada dua buah benda kerja pada saat yang bersamaan</p>
17.	<p>Slotting</p> 	<p><b>Alat:</b>mesin frais dan kelengkapannya, kepala pembagi, pisau frais modul 2 nomor 5</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lepas benda dari mandrel</li> <li>2. Pasang benda kerja pada mesin slot untuk membuat alur pasak dengan ukuran 3 x 6 mm</li> </ol>	
18.	<p>Bor</p> 	<p><b>Alat:</b>mesin bor bangku, mata bor <math>\varnothing 5</math> mm</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pasang benda pada ragum mesin bor</li> <li>2. Bor pada bagian badan roda gigi yang telah diberi tanda dengan penitik</li> </ol>	
19.	<p>Tap</p> 	<p><b>Alat:</b>Tap M 6 x 1.5, tangkai tap, ragum, pelumas</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cekam benda pada ragum meja</li> <li>2. Pengetapan dimulai dari tap no.1 sampai no.3</li> </ol>	

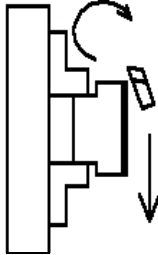
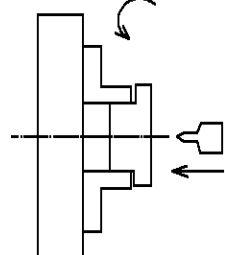
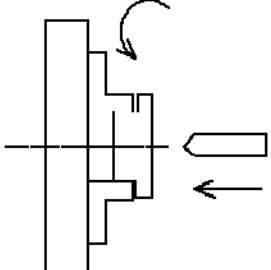
20.	Finishing 	<b>Alat:</b> ragum, kikir rata halus <b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack	Kikir untuk menghaluskan bekas fraisan yang kurang rapi.	
-----	--	--	---	--

## 2. Roda Gigi *Roll Crusher* Bawah

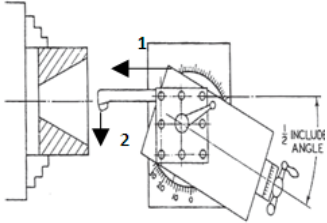
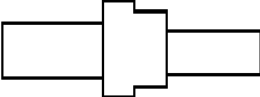
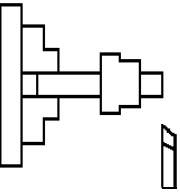
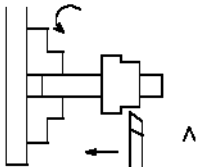
Tabel 4.2. Proses pembuatan roda gigi *roll crusher* bawah

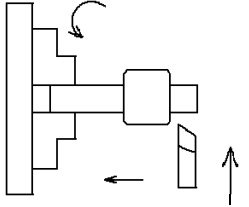
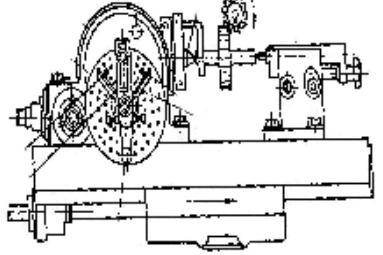

No.	Proses pengerjaan	Alat yang digunakan	Langkah kerja	Keterangan
1.	Pemotongan bahan 	<b>Alat :</b> mesin gergaji, Jangka sorong, penggores, coolant. <b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, sepatu kerja, wearpack	1.Ukur dan tandai permukaan poros yang akan dipotong dengan jangka sorong dan penggores. 2. Poros dipotong dengan mesin gergaji	Dipotong ukuran : Ø64 x 30 mm 2 buah
2.	Setting pahat dan benda kerja pada mesin bubut 	<b>Alat:</b> mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, senter putar <b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack	1. Pasang benda kerja pada chuck mesin bubut 2. Setting pahat bubut setinggi senter putar	

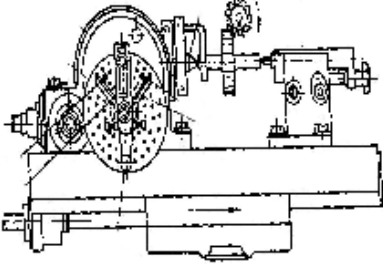
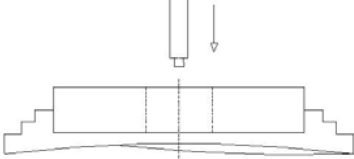
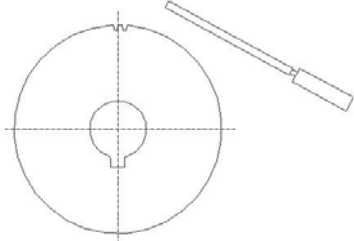
3.	<p>Bubut muka</p> 	<p><b>Alat:</b>mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, senter putar</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kaca mata pelindung, wearpack</p>	Bubut muka hingga benda kerja menjadi rata	
4.	<p>Bubut rata</p> 	<p><b>Alat :</b>mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kaca mata pelindung, wearpack</p>	Bubut rata benda kerja sepanjang 15 mm	
5.	<p>Balik benda kerja untuk mengerjakan bidang sebaliknya</p> 	<p><b>Alat :</b>mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kaca mata pelindung, wearpack</p>	Lepas benda kerja dari <i>chuck</i> mesin bubut lalu balik benda kerja untuk mengerjakan bidang sebaliknya	

6.	<p>Bubut muka</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<p>Bubut muka sampai ukuran tebal benda menjadi 25 mm</p>	
7.	<p>Pasang bor senter dan bor senter benda</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, bor senter</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<p>Bor senter benda untuk proses selanjutnya</p>	
8.	<p>Bor benda</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, mata bor Ø 10 mm, Ø 16 mm</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<p>Bor benda dari ukuran terkecil, bor sampai tembus dan lubang dijadikan Ø 16 mm</p>	



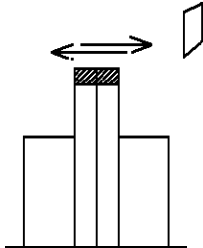
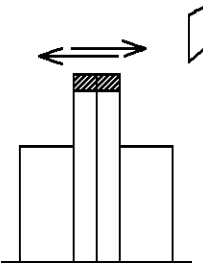
9.	<p>Bubut dalam</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut dalam, jangka sorong</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Bubut dalam benda hingga ukuran menjadi Ø 20 sampai tembus	
10.	<p>Lepas benda kerja dan pasang mandrel untuk mengerjakan bidang sebaliknya</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, mandrel, mesin pres</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Pasang mandrel pada blank roda gigi dengan mesin pres	
11.	<p>Setting mandel pada mesin bubut</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, mandrel, senter putar</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Pasang mandrel pada chuck mesin bubut	
12.	<p>Bubut rata</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, mandrel, senter putar</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bubut rata benda hingga menjadi Ø 57 mm</li> <li>2. Lepas benda kerja dari mesin bubut</li> </ol>	

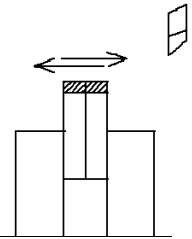
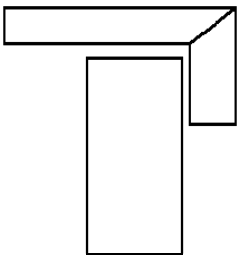
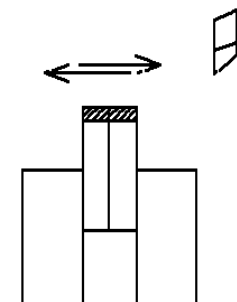
13.	<p>Bubut champer</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, mandrel, senter putar</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kaca mata pelindung, wearpack</p>	Champer 1 x 45° kedua sisi benda	
14.	<p>Setting benda pada mesin frais</p> 	<p><b>Alat</b>:mesin frais dan kelengkapannya, kepala pembagi, pisau frais modul 3 nomor 3, mandrel dan alat lainnya</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kaca mata pelindung, wearpack</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pasang benda kerja pada chuck kepala pembagi pada mesin frais</li> <li>2. Setting pisau frais dan kedalaman gigi yang akan dibuat</li> </ol>	Pembuatan roda gigi dapat dikerjakan pada dua buah benda kerja pada saat yang bersamaan
15.	<p>Setting putaran kepala pembagi</p> 	<p><b>Alat</b>:mesin frais dan kelengkapannya, kepala pembagi, pisau frais modul 3 nomor 3, mandrel dan alat lainnya</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kaca mata pelindung, wearpack</p>	Setting piringan pembagi untuk jumlah gigi 17	

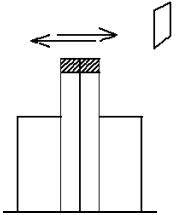
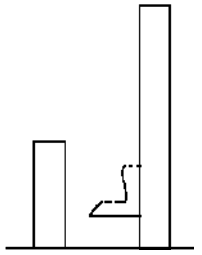
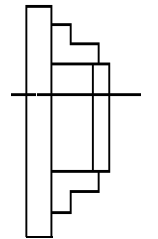
16.	<p>Frais benda untuk pembuatan roda gigi</p> 	<p><b>Alat:</b>mesin frais dan kelengkapannya, kepala pembagi, pisau frais modul 3 nomor 3, mandrel dan alat lainnya</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kaca mata pelindung, wearpack</p>	<p>Frais benda untuk pembuatan gigi dengan jumlah gigi <math>Z = 17</math> gigi</p>	
17.	<p><i>Slotting</i></p> 	<p><b>Alat:</b>mesin slot dan kelengkapannya, mesin pres</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kaca mata pelindung, wearpack</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lepas benda dari mandrel</li> <li>2. Pasang benda kerja pada mesin slot untuk membuat alur pasak dengan ukuran 3 x 6 mm</li> </ol>	
18.	<p><i>Finishing</i></p> 	<p><b>Alat:</b>ragum, kikir rata halus</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kaca mata pelindung, wearpack</p>	<p>Kikir pada bagian bekas fraisan yang kurang rapi</p>	

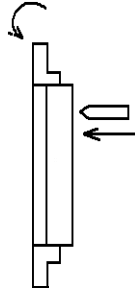
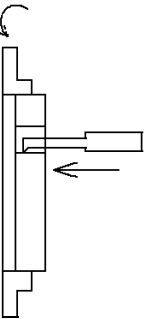
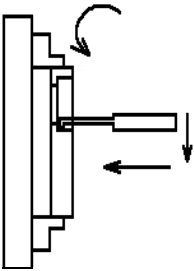
### 3. Rumah *Bearing Roll Crusher* Atas

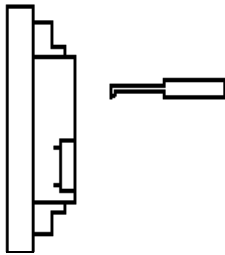
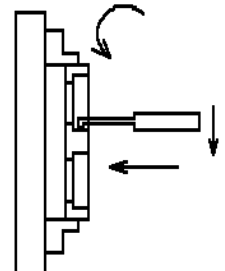
Tabel 4.3. Proses pembuatan rumah *bearing roll crusher* atas

No.	Proses pengerjaan	Alat yang digunakan	Langkah kerja	Keterangan
1.	Pemasangan benda kerja dan setting mesin 	<b>Alat:</b> mesin sekrap dan kelengkapannya, jangka sorong, pahat HSS, palu, mistar siku <b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kaca mata pelindung, wearpack	Pasang blank rumah bearing pada ragum mesin sekrap	Penyekrapan rumah <i>bearing</i> dapat dikerjakan pada dua buah benda kerja pada saat yang bersamaan
2.	Penyekrapan bidang 1 	<b>Alat:</b> mesin sekrap dan kelengkapannya, jangka sorong, pahat HSS, palu, mistar siku <b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kaca mata pelindung, wearpack	1. Cekam benda pada ragum mesin sekrap 2. Lakukan penyekrapan pada bidang 1	
3.	Lepas benda kerja dan setting pada bidang ke 2, lanjutkan penyekrapan bidang ke 2	<b>Alat:</b> mesin sekrap dan kelengkapannya, jangka sorong, pahat HSS, palu,	1. Cekam benda pada ragum mesin sekrap 2. Lakukan penyekrapan pada bidang 1	

		mistar siku <b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack		
4.	<p>Cek kesikuan</p> 	<b>Alat:</b> mistar siku, palu <b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack	Cek kesikuan antara bidang 1 dengan bidang 2	
5.	<p>Setting benda pada bidang ke 3 dan lanjutkan penyekrapan bidang ke 3,</p> 	<b>Alat:</b> mesin sekrap dan kelengkapannya, jangka sorong, pahat HSS, palu, mistar siku <b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack	Sekrap bidang 3 hingga mencapai ukuran 55 mm	

6.	<p>Setting benda pada bidang ke 4 dan lanjutkan penyekrapan bidang ke 4</p> 	<p><b>Alat:</b> mesin sekrap dan kelengkapannya, jangka sorong, pahat HSS, palu, mistar siku</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Sekrap bidang 4 hingga mencapai ukuran 130 mm	
7.	<p>Lepas benda, dilanjutkan dengan menandai dengan <i>height gauge</i> lalu di lanjutkan dengan penitik</p> 	<p><b>Alat:</b> <i>height gauge</i>, penitik, palu</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>		
8.	<p>Setting benda pada mesin bubut</p> 	<p><b>Alat:</b> mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, senter putar</p> <p><b>K3 yang digunakan :</b> sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	Pasang benda pada <i>chuck</i> rahang empat mesin bubut	

9.	Pengeboran 	<b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut HSS, jangka sorong, bor senter, mata bor Ø 10 mm, Ø 16 mm, dan Ø 23 mm <b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack	1. Bor senter benda 2. Bor banda dari ukuran terkecil, bor sampai tembus dan lubang dijadikan Ø 23 mm	
10.	Bubut dalam 	<b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut dalam, jangka sorong <b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack	Bubut dalam dari Ø 23 mm menjadi Ø 30 mm hingga tembus	
11.	Bubut dalam 	<b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut dalam, jangka sorong <b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack	Bubut dalam dari Ø 30 mm menjadi Ø 47 mm sedalam 12 mm	

12.	<p>Lepas benda kerja dan setting kembali untuk mengerjakan sisi berikutnya</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut dalam, jangka sorong</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<p>Pasang benda pada <i>chuck</i> rahang empat mesin bubut</p>	
13.	<p>Ulangi langkah no 9, 10 dan 11</p> 	<p><b>Alat</b> :mesin bubut dan kelengkapannya, pahat bubut dalam, jangka sorong</p> <p><b>K3 yang digunakan</b> : sarung tangan, kacamata pelindung, wearpack</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bor senter benda</li> <li>2. Bor banda dari ukuran terkecil, bor sampai tembus dan lubang dijadikan Ø 23 mm</li> <li>3. Bubut dalam dari Ø 23 mm menjadi Ø 30 mm hingga tembus</li> <li>4. Bubut dalam dari Ø 30 mm menjadi Ø 47 mm sedalam 12 mm</li> </ol>	



## B. Data Waktu Pembuatan

### 1. Roda Gigi *Roll Crusher* Atas

Table 4.4. Data waktu proses pembuatan roda gigi *roll crusher* atas

No.	Jenis pekerjaan	Waktu
1.	Pemotongan bahan	30 menit
2.	Setting mesin pembubutan muka dan rata	15 menit
3.	Balik benda kerja untuk mengerjakan sisi sebaliknya	5 menit
4.	Bubut muka hingga ukuran 32 mm	20 menit
5.	Mengebor benda kerja dengan Ø 10, Ø 16 dan Ø 20	20 menit
6.	Bubut dalam hingga menjadi Ø 25 mm	20 menit
7.	Memasang benda pada mandrel	15 menit
8.	Bubut rata hingga ukuran Ø 60 mm	15 menit
9.	Bubut bertingkat menjadi Ø 60 x 12 mm dan Ø 35 x 35 mm	30 menit
10.	Bubut chamfer 1 x 45°	5 menit
11.	Setting benda pada mesin frais	10 menit
12.	Setting mesin dan pembuatan gigi pada benda kerja	90 menit
13.	Setting pada mesin slot dan pembuatan alur pasak	15 menit
14.	Mengebor Ø 5 mm pada roda gigi	10 menit
15.	Pembuatan ulir M6 x 1.5	20 menit
16.	Menghaluskan benda kerja	10 menit
Total waktu		330 menit

Jadi waktu yang digunakan untuk membuat satu buah roda gigi adalah 330 menit atau 5 jam 30 menit. Pada mesin penggerus arang kayu menggunakan dua buah roda gigi *roll crusher* atas. Jadi waktu yang digunakan untuk membuat dua buah roda gigi adalah  $330 \text{ menit} \times 2 = 660$  menit atau 11 jam.

## 2. Roda Gigi *Roll Crusher* Bawah

Table 4.5. Data waktu pembuatan roda gigi *roll crusher* bawah

No.	Jenis pekerjaan	Waktu
1.	Pemotongan bahan	30 menit
2.	Setting mesin pembubutan muka dan rata	15 menit
3.	Balik benda kerja untuk mengerjakan sisi sebaliknya	5 menit
4.	Bubut muka hingga ukuran 25 mm	20 menit
5.	Mengebor benda kerja dengan Ø 10 dan Ø 16	15 menit
6.	Bubut dalam hingga menjadi Ø 20 mm	20 menit
7.	Memasang benda pada mandrel	15 menit
8.	Bubut rata hingga ukuran Ø 57 mm	20 menit
10.	Bubut chamfer 1 x 45°	5 menit
11.	Setting benda pada mesin frais	10 menit
12.	Setting mesin dan pembuatan gigi pada benda kerja	180 menit
13.	Setting pada mesin slot dan pembuatan alur pasak	15 menit
14.	Menghaluskan benda kerja	10 menit
Total waktu		360 menit

Jadi waktu yang digunakan untuk membuat satu buah roda gigi adalah 360 menit atau 6 jam. Pada mesin penngerus arang kayu menggunakan dua buah roda gigi *roll crusher* bawah. Jadi waktu yang digunakan untuk membuat dua buah roda gigi adalah  $360 \text{ menit} \times 2 = 720 \text{ menit}$  atau 12 jam.

### 3. Rumah *Bearing Roll Crusher* Atas

Tabel 4.6. data waktu pembuatan Rumah *bearing roll crusher* atas

No.	Jenis pekerjaan	Waktu
1.	Pemasangan benda kerja dan setting mesin	20 menit
2.	Penyekrapan bidang 1	
3.	Lepas benda kerja dan setting pada bidang ke 2, lanjutkan penyekrapan bidang ke 2	20 menit
4.	Cek kesikuan antara bidang 1 dan bidang 2	5 menit
5.	Setting benda pada bidang ke 3 dan lanjutkan penyekrapan bidang ke 3, hingga mencapai ukuran 55 mm	75 menit
6.	Setting benda pada bidang ke 4 dan lanjutkan penyekrapan bidang ke 4, hingga mencapai ukuran 130 mm	55 menit
7.	Lepas benda, dilanjutkan dengan menandai dengan <i>height gauge</i> lalu di lanjutkan dengan penitik	15 menit
8.	Setting benda pada mesin bubut	15 menit
9.	Mengebor benda kerja dengan Ø 10, Ø 16 dan Ø 23	20 menit
10.	Bubut dalam Ø 30 mm hingga tembus	15 menit
11.	Bubut dalam Ø 47 mm dengan kedalaman 12 mm	40 menit
12.	Cek ukuran	2 menit
13.	Lepas benda kerja dan setting kembali pada mesin bubut untuk mengarjakan sisi berikutnya	15 menit
14.	Mengebor benda kerja dengan Ø 10, Ø 16 dan Ø 23	20 menit
15.	Bubut dalam Ø 30 mm hingga tembus	15 menit
16.	Bubut dalam Ø 47 mm dengan kedalaman 12 mm	40 menit
17.	Cek ukuran	15 menit
	Total waktu	387 menit

Pada mesin penngerus arang kayu menggunakan dua buah rumah *bearing roll crusher* atas. Jadi waktu yang digunakan untuk membuat dua buah

*rumah bearing* adalah 584 menit atau 9 jam 44 menit dengan rincian sebagai berikut :

- a) Proses sekrap dapat langsung mengerjakan dua buah benda kerja dengan waktu 190 menit atau 3 jam 10 menit.
- b) Proses bubut 197 menit untuk mengerjakan satu buah benda. Jadi untuk mengerjakan dua buah benda membutuhkan waktu yang digunakan 394 menit atau 6 jam 34 menit.

### C. Proses Perhitungan Teoritis Pengerjaan

Dalam proses pemesinan ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam membuat benda kerja. Salah satunya yaitu tentang kecepatan putar mesin. Mesin yang digunakan yaitu mesin bubut, mesin sekrap, mesin frais dan mesin bor. Berikut perhitungan kecepatan teoritis pengerjaan pada pembuatan roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas:

#### 1. Pembuatan roda gigi *roll crusher* atas

##### a. Mesin Bubut

Pembentukan blank roda gigi dari Ø 64 mm menjadi Ø 60 mm dengan panjang 32 mm. (*roughing*  $a = 0,4$  mm sebanyak 4 siklus dengan *finishing*  $a = 0,1$  mm sebanyak 2 siklus)

- 1) Proses bubut *roughing* adalah :

$$v = \frac{\pi . d . n}{1000} \text{ atau } n = \frac{v . 1000}{\pi . d}$$

$$n = \frac{38.1000}{3,14 . 62}$$

$$n = \frac{38000}{194,68}$$

$$n = 195,19 \text{ rpm}$$

kecepatan yang tersedia pada mesin yang mendekati 200 rpm

maka waktu pembubutan yang diperlukan adalah :

$$t_c = \frac{lt}{f.n} i$$

$$t_c = \frac{32}{0,4 . 200} 4$$

$$t_c = 1,6 \text{ menit}$$

- 2) Proses Bubut *finishing* adalah :

$$t_c = \frac{lt}{f.n} i$$

$$t_c = \frac{32}{0,2 . 200} 2$$

$$t_c = 1,6 \text{ menit}$$

- 3) Proses bubut muka

$$l_t = r + la$$

$$l_t = \frac{64}{2} + 4$$

$$= 36 \text{ mm}$$

$$a = 0,5 \text{ mm/putaran}$$

$$t_c = \frac{lt}{f.n} i$$

$$t_c = \frac{36}{0,5 \cdot 200} 16$$

$$t_c = 5,76 \text{ menit}$$

4) Pengeboran pada mesin bubut

Proses pengeboran dengan panjang benda 32 mm dan  $n = 110$ .

Pengeboran dilakukan dari bor  $\varnothing 10$  mm,  $\varnothing 16$  mm dan  $\varnothing 23$  mm

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ atau } n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{30 \cdot 1000}{3,14 \cdot 62}$$

$$n = \frac{30000}{194,68}$$

$$n = 154,09 \text{ rpm}$$

kecepatan yang tersedia pada mesin yang mendekati 110 rpm

a) Pengeboran dengan  $\varnothing 10$  mm :

- Kedalaman potong

$$a = d/2$$

$$= 10/2$$

$$= 5 \text{ mm}$$

- Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$l_t = l_v + l_w + l_n \longrightarrow l_n = \frac{r}{\tan k_r}$$

$$l_t = 5 + 32 + 8,7 \qquad l_n = \frac{5}{\tan 30}$$

$$l_t = 45,7 \text{ mm} \qquad l_n = \frac{5}{0,57}$$

$$l_n = 8,7 \text{ mm}$$

$$t_c = \frac{lt}{vf}$$

$$t_c = \frac{45,7}{30}$$

$$t_c = 1,23 \text{ menit}$$

b) Pengeboran dengan Ø 16 mm

- Kedalaman potong

$$a = d/2$$

$$= 16/2$$

$$= 8 \text{ mm}$$

- Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{vf}$$

$$l_t = l_v + l_w + l_n \longrightarrow l_n = \frac{r}{\tan k_r}$$

$$l_t = 5 + 32 + 14 \qquad l_n = \frac{8}{\tan 30}$$

$$l_t = 51 \text{ mm} \qquad l_n = \frac{8}{0,57}$$

$$l_n = 14 \text{ mm}$$

$$t_c = \frac{lt}{vf}$$

$$t_c = \frac{51}{30}$$

$$t_c = 1,7 \text{ menit}$$

## c) Pengeboran dengan Ø 23 mm

- Kedalaman potong

$$\begin{aligned} a &= d/2 \\ &= 23/2 \\ &= 11,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Waktu Pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$l_t = l_v + l_w + l_n \longrightarrow l_n = \frac{r}{\tan k_r}$$

$$l_t = 5 + 32 + 20,1 \qquad l_n = \frac{11,5}{\tan 30}$$

$$\begin{aligned} l_t &= 57,1 \text{ mm} & l_n &= \frac{11,5}{0,57} \\ & & l_n &= 20,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$t_c = \frac{lt}{vf}$$

$$t_c = \frac{57,1}{30}$$

$$t_c = 1,9 \text{ menit}$$

## 5) Proses bubut bertingkat

Proses bubut dari Ø 60 mm menjadi Ø 35 mm dengan panjang 20 mm. (*roughing* a = 0,6 mm sebanyak 10 siklus dan *finishing* a = 0,25 mm).

- *Roughing*

$$t_c = \frac{lt}{f \cdot n} i$$

$$t_c = \frac{20}{0,6 \cdot 200} 10$$



$$t_c = 1,6 \text{ menit}$$

- *Finishing*

$$t_c = \frac{lt}{f.n} i$$

$$t_c = \frac{20}{0,25 \cdot 200} 1$$

$$t_c = 0,4 \text{ menit}$$

6) Proses bubut dalam

Proses bubut dalam dari Ø 23 mm menjadi Ø 25 mm dengan panjang 32 mm. (*roughing* a = 0,3 mm sebanyak 3 siklus dan *finishing* a = 0,1 mm).

Maka waktu pembubutan yang diperlukan adalah :

- *Roughing* :

$$t_c = \frac{lt}{f.n} i$$

$$t_c = \frac{32}{0,5 \cdot 200} 3$$

$$t_c = 0,96 \text{ menit}$$

- *Finishing* :

$$t_c = \frac{lt}{f.n} i$$

$$t_c = \frac{32}{0,5 \cdot 200} 1$$

$$t_c = 0,32 \text{ menit}$$

## 7) Waktu non produktif

$$t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{UW} + t_s / n_l$$

$$t_a = 15 + 1 + 0,5 + 1 + 15$$

$$t_a = 32,5 \text{ menit}$$

## 8) Waktu penggantian pahat

$$t_d = 15 \text{ menit}$$

penggantian pahat dilakukan apabila pahat aus dan dilakukan pengasahan.

## 9) Waktu total pengerjaan

$$t_m = t_a + t_c + t_d$$

Waktu kerja mesin : Pembubutan rata	=	3,2	menit
Bubut muka	=	5,76	menit
Pengeboran	=	4,83	menit
Bubut bertingkat	=	2	menit
Bubut dalam	=	1,28	menit
Waktu non produktif	=	32,5	menit
Waktu penggantian pahat	=	15	menit
Waktu total	=	64,57	menit

## b. Mesin frais

Benda dengan ukuran  $\varnothing 60 \times 12$  dibuat roda gigi dengan ketentuan :

$Z = 28$ ,  $H = 4,332 \text{ mm}$ ,  $M = 2$ .(dapat langsung mengerjakan 2 benda).

Pisau yang dipakai yaitu pisau nomor 5. Dengan Ø pisau 56,5 mm, jumlah mata potong 12.

1) Perhitungan roda gigi

Diketahui roda gigi yang akan dibuat  $Z = 28$  gigi, dan modul 2 mm. Maka parameter roda gigi yang di butuhkan :

- Diameter tusuk ( $d$ )

$$\begin{aligned} d &= z \cdot m \\ &= 28 \cdot 2 \\ &= 56 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Diameter kepala ( $dk$ )

$$\begin{aligned} dk &= m(z+2) \\ &= 2(28+ 2) \\ &= 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi kaki gigi ( $hf$ )

$$\begin{aligned} hf &= 1,166 \cdot m \\ &= 1,166 \cdot 2 \\ &= 2,332 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi kepala gigi ( $hk$ )

$$\begin{aligned} hk &= 1 \cdot m \\ &= 1 \cdot 2 \\ &= 2 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi gigi ( $h$ )

$$h = hk + hf$$

$$= 2 + 2,332$$

$$= 4,332 \text{ mm dibulatkan menjadi } 4,3 \text{ mm}$$

- Lebar gigi ( $b$ )

$$b = 1,3 \cdot m$$

$$= 1,3 \cdot 2 = 2,6 \text{ mm}$$

## 2) Perhitungan kepala pembagi

Untuk roda gigi roll crusher atas dengan jumlah gigi 28 menggunakan pisau modul 2 dan piringan kepala pembagi yaitu piringan 1 dengan jumlah lubang 21, 23, 27, 29, 31, 33 perhitungannya sebagai berikut:

$$N_c = \frac{i}{Z} = \frac{40}{28} \text{ disamakan menjadi } 1\frac{12}{28} \text{ lalu disamakan kembali menjadi } 1\frac{9}{21}$$

jadi jumlah putaran kepala pembagi yaitu satu putaran ditambah 10 lubang pada kepingan kepala pembagi berlubang 21.

## 3) Putaran mesin

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \text{atau} \quad n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{30 \cdot 1000}{3,14 \cdot 60}$$

$$n = \frac{30000}{188,4}$$

$$n = 159,23 \text{ rpm}$$

kecepatan yang tersedia pada mesin frais yang mendekati yaitu 180 rpm

## 4) Gerak makan per gigi

$$f_z = \frac{Vf}{z.n}$$

$$= \frac{30}{12 \cdot 180}$$

$$= 0,01 \text{ mm/gigi}$$

## 5) Waktu pemakanan

$$t_c = \frac{lt}{Vf}$$

$$l_t = l_v + l_w + l_n$$

$$l_t = \sqrt{a(d-a)} + l_w + l_n$$

$$l_t = \sqrt{4.332(56-4.332)} + 24 + 5$$

$$= 15 + 24 + 5$$

$$= 44 \text{ mm}$$

$$t_c = \frac{lt}{Vf}$$

$$= \frac{44}{30}$$

$$= 1,46 \text{ menit}$$

$$t_{total} = 1,46 \times 28 \text{ pemakanan}$$

$$= 40,88 \text{ menit}$$

## 6) Waktu non produktif

$$t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{UW} + t_s / n_1$$

$$t_a = 15 + 5 + 0,5 + 1 + 20$$

$$t_a = 41,5 \text{ menit}$$

## 7) Waktu total pengerjaan :

$$t_m = t_a + t_c + t_d$$

$$\text{Waktu kerja mesin : pembuatan gigi} = 40,88 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu non produktif} = 41,5 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu penggantian pahat} = 0 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu total} = 82,38 \text{ menit}$$

Sehingga waktu total teoritis yang digunakan untuk proses pembuatan dua buah roda gigi *roll crusher* atas adalah :

$$\text{Waktu di mesin bubut} = 129,14 \text{ menit (dua buah benda)}$$

$$\text{Waktu di mesin frais} = 82,38 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu di mesin slot} = 30 \text{ menit (dua buah benda)}$$

$$\text{Waktu pengeboran} = 20 \text{ menit (dua buah benda)}$$

$$\text{Waktu pengetapan} = 40 \text{ menit (dua buah benda)}$$

$$= 301,52 \text{ menit} \quad +$$

2. Pembuatan roda gigi *roll crusher* bawah

## a. Mesin Bubut

Pembentukan blank roda gigi dari Ø 64 mm menjadi Ø 57 mm dengan panjang 25 mm. (*roughing* a = 0,4 mm sebanyak 8 siklus dengan *finishing* a = 0,1 mm sebanyak 3 siklus)

1) Proses bubut *roughing* adalah :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \text{atau} \quad n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{38 \cdot 1000}{3,14 \cdot 60,5}$$

$$n = \frac{38000}{189,97}$$

$$n = 200,03 \text{ rpm}$$

kecepatan yang tersedia pada mesin yang mendekati 200 rpm

maka waktu pembubutan yang diperlukan adalah :

$$t_c = \frac{lt}{f.n} i$$

$$t_c = \frac{25}{0,4 \cdot 200} 8$$

$$t_c = 2,5 \text{ menit}$$

2) Proses Bubut *finishing* adalah :

$$t_c = \frac{lt}{f.n} i$$

$$t_c = \frac{25}{0,1 \cdot 200} 3$$

$$t_c = 0,75 \text{ menit}$$

3) Proses bubut muka

$$l_t = r + l_a$$

$$l_t = \frac{64}{2} + 4$$

$$= 36 \text{ mm}$$

$$a = 0,5 \text{ mm/putaran}$$

$$t_c = \frac{lt}{f.n} i$$

$$t_c = \frac{36}{0,5 \cdot 200} 10$$

$$t_c = 3,6 \text{ menit}$$

## 4) Pengeboran pada mesin bubut

Proses pengeboran dengan panjang benda 25 mm dan  $n = 110$ .

Pengeboran dilakukan dari bor  $\varnothing 10$  mm dan  $\varnothing 16$  mm

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \text{atau} \quad n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{30 \cdot 1000}{3,14 \cdot 60,5}$$

$$n = \frac{30000}{189,97}$$

$$n = 157,91 \text{ rpm}$$

Kecepatan yang tersedia pada mesin yang mendekati 110 rpm

a) Pengeboran dengan  $\varnothing 10$  mm :

- Kedalaman potong

$$\begin{aligned} a &= d/2 \\ &= 10/2 \\ &= 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$l_t = l_v + l_w + l_n \longrightarrow l_n = \frac{r}{\tan k_r}$$

$$l_t = 5 + 25 + 8,7 \qquad l_n = \frac{5}{\tan 30}$$

$$l_t = 38,7 \text{ mm} \qquad l_n = \frac{5}{0,57}$$

$$l_n = 8,7 \text{ mm}$$

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$



$$t_c = \frac{38,7}{30}$$

$$t_c = 1,29 \text{ menit}$$

b) Pengeboran dengan Ø 16 mm

- Kedalaman potong

$$a = d/2$$

$$= 16/2$$

$$= 8 \text{ mm}$$

- Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$l_t = l_v + l_w + l_n \longrightarrow l_n = \frac{r}{\tan k_r}$$

$$l_t = 5 + 25 + 14 \qquad l_n = \frac{8}{\tan 30}$$

$$l_t = 34 \text{ mm} \qquad l_n = \frac{8}{0,57}$$

$$l_n = 14 \text{ mm}$$

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$t_c = \frac{34}{30}$$

$$t_c = 1,13 \text{ menit}$$

5) Proses bubut dalam

Proses bubut dalam dari Ø 16 mm menjadi Ø 20 mm dengan panjang 25 mm. (*roughing* a = 0,4 mm sebanyak 4 siklus dengan *finishing* a = 0,1 mm sebanyak 2 siklus)

Maka waktu pembubutan yang diperlukan adalah :

- *Roughing* :

$$t_c = \frac{lt}{f.n} i$$

$$t_c = \frac{25}{0,4 \cdot 200} 4$$

$$t_c = 1,25 \text{ menit}$$

- *Finishing* :

$$t_c = \frac{lt}{f.n} i$$

$$t_c = \frac{25}{0,1 \cdot 200} 2$$

$$t_c = 2,5 \text{ menit}$$

- 6) Waktu non produktif

$$t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{UW} + t_s / n_l$$

$$t_a = 15 + 1 + 0,5 + 1 + 15$$

$$t_a = 32,5 \text{ menit}$$

- 7) Waktu penggantian pahat

$$t_d = 15 \text{ menit}$$

penggantian pahat dilakukan apabila pahat aus dan dilakukan pengasahan.

- 8) Waktu total pengerjaan

$$t_m = t_a + t_c + t_d$$

Waktu kerja mesin : Pembubutan rata = 3,25 menit

Bubut muka = 3,6 menit

Pengeboran = 2,42 menit

Bubut dalam	=	3,75	menit
Waktu non produktif	=	32,5	menit
Waktu penggantian pahat	=	15	menit
Waktu total	=	60,52	menit

b. Mesin frais

Benda dengan ukuran  $\varnothing 57 \times 25$  dibuat roda gigi dengan ketentuan :

$Z = 17$ ,  $H = 6,498$  mm,  $M = 3$ .(dapat langsung mengerjakan 2 benda).

Pisau yang dipakai yaitu pisau nomor 3. Dengan  $\varnothing$  pisau 84,5 mm, jumlah mata potong 12.

1) Perhitungan roda gigi

Diketahui roda gigi yang akan dibuat  $Z = 17$  gigi, dan modul 3 mm. maka parameter roda gigi yang di butuhkan :

- Diameter tusuk ( $d$ )

$$\begin{aligned} d &= z \cdot m \\ &= 17 \cdot 3 \\ &= 51 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Diameter kepala ( $dk$ )

$$\begin{aligned} dk &= m \cdot (z+2) \\ &= 3 \cdot (17+2) \\ &= 57 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi kaki gigi ( $hf$ )

$$hf = 1,166 \cdot m$$

$$= 1,166 \cdot 3$$

$$= 3,498 \text{ mm}$$

- Tinggi kepala gigi ( $hk$ )

$$hk = 1 \cdot m$$

$$= 1 \cdot 3$$

$$= 3 \text{ mm}$$

- Tinggi gigi ( $h$ )

$$h = hk + hf$$

$$= 3 + 3,498$$

$$= 6,498 \text{ mm dibulatkan menjadi } 6,5 \text{ mm}$$

- Lebar gigi ( $b$ )

$$b = 1,3 \cdot m$$

$$= 1,3 \cdot 3 = 3,9 \text{ mm}$$

## 2) Perhitungan putaran kepala pembagi

Untuk roda gigi roll crusher bawah dengan jumlah gigi 17 menggunakan piasu modul 3 dan piringan kepala pembagi yaitu piringan 1 dengan jumlah lubang 15, 16, 17, 18, 19, 20 perhitungannya sebagai berikut:

$$N_c = \frac{i}{Z} = \frac{40}{17} \text{ disamakan menjadi } 2\frac{6}{17}$$

jadi jumlah putaran kepala pembagi yaitu dua putaran ditambah 7 lubang pada kepingan kepala pembagi berlubang 17.

## 3) Putaran mesin

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \text{atau} \quad n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{30 \cdot 1000}{3,14 \cdot 57}$$

$$n = \frac{30000}{178,98}$$

$$n = 167,61 \text{ rpm}$$

kecepatan yang tersedia pada mesin frais yang mendekati yaitu

$$180 \text{ rpm}$$

## 4) Gerak makan per gigi

$$f_z = \frac{V_f}{z \cdot n}$$

$$= \frac{30}{12 \cdot 180}$$

$$= 0,01 \text{ mm/gigi}$$

## 5) Waktu pemakanan

$$t_c = \frac{l_t}{V_f}$$

$$l_t = l_v + l_w + l_n$$

$$l_t = \sqrt{a(d-a)} + l_w + l_n$$

$$l_t = \sqrt{6,498(84,5 - 6,498)} + 50 + 5$$

$$= 22,5 + 50 + 5$$

$$= 77,5 \text{ mm}$$

$$t_c = \frac{l_t}{V_f}$$

$$= \frac{77,5}{30}$$

$$= 2,58 \text{ menit}$$

$$t_{total} = 2,58 \times 17 \text{ pemakanan}$$

$$= 43,86 \text{ menit}$$

6) Waktu non produktif

$$t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{UW} + t_s / n_l$$

$$t_a = 15 + 5 + 0,5 + 1 + 20$$

$$t_a = 41,5 \text{ menit}$$

7) Waktu total pengerjaan :

$$t_m = t_a + t_c + t_d$$

$$\text{Waktu kerja mesin : pembuatan gigi} = 43,88 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu non produktif} = 41,5 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu penggantian pahat} = 0 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu total} = 85,38 \text{ menit}$$

Sehingga waktu total teoritis yang digunakan untuk proses pembuatan dua buah roda gigi *roll crusher* bawah adalah :

$$\text{Waktu di mesin bubut} = 121,04 \text{ menit (dua buah benda)}$$

$$\text{Waktu di mesin frais} = 85,38 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu di mesin slot} = 30 \text{ menit (dua buah benda)}$$

$$= 236,42 \text{ menit} +$$

### 3. Rumah *bearing roll crusher* atas

#### a. Mesin sekrap

Penyekrapan bahan dari ukuran 140 mm x 60 mm x 16 mm menjadi ukuran 130 mm x 55 mm x 16 mm. (langsung dapat mengerjakan dua benda sekaligus)

1) Panjang benda 140 mm,  $l_v = 20$  mm,  $l_n = 10$  mm,  $a = 0,5$  mm/langkah dan  $n_p = 80$

##### a) Waktu penyekrapan bidang 1

$$t_c = \frac{w}{f.np} 6$$

$$t_c = \frac{140}{0,5 \cdot 80} 6$$

$$t_c = 21 \text{ menit}$$

##### b) Waktu penyekrapan bidang 2

$$t_c = \frac{w}{f.np} 6$$

$$t_c = \frac{57}{0,5 \cdot 80} 6$$

$$t_c = 8,55 \text{ menit}$$

##### c) Waktu penyekrapan bidang 3

$$t_c = \frac{w}{f.np} 14$$

$$t_c = \frac{137}{0,5 \cdot 80} 14$$

$$t_c = 47,95 \text{ menit}$$

##### d) Waktu penyekrapan bidang 4

$$t_c = \frac{w}{f.np} 4$$

$$t_c = \frac{57}{0,5 \cdot 80} 4$$

$$t_c = 2,85 \text{ menit}$$

2) Waktu non produktif

$$t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{UW} + t_s / n_l$$

$$t_a = 30 + 1 + 1 + 1 + 20$$

$$t_a = 53 \text{ menit}$$

3) Waktu penggantian pahat

$$t_d = 15 \text{ menit} \times 5 = 75 \text{ menit}$$

penggantian pahat dilakukan beberapa kali karena pahat sering mengalami keausan pada waktu penyekrapan.

4) Total waktu pengerjaan

$$t_m = t_a + t_c + t_d$$

Waktu kerja mesin : penyekrapan	=	80,2	menit
---------------------------------	---	------	-------

Waktu non produktif	=	32,5	menit
---------------------	---	------	-------

Waktu penggantian pahat	=	75	menit
-------------------------	---	----	-------

Waktu total	=	187,7	menit
-------------	---	-------	-------

b. Mesin bubut

1) Pengeboran pada mesin bubut

Proses pengeboran dengan panjang benda 16 mm dan  $n = 110$ .

Pengeboran dilakukan dari bor  $\varnothing 10$  mm,  $\varnothing 16$  mm dan  $\varnothing 20$  mm. Proses pengeboran dilakukan dua kali dikarenakan rumah *bearing roll crusher* atas terdiri dari dua lubang untuk tempat *bearing*.



$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ atau } n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{30 \cdot 1000}{3,14 \cdot 60}$$

$$n = \frac{30000}{188,4}$$

$$n = 159,23 \text{ rpm}$$

kecepatan yang tersedia pada mesin yang mendekati 110 rpm

a) Pengeboran dengan  $\varnothing 10 \text{ mm}$  :

- Kedalaman potong

$$\begin{aligned} a &= d/2 \\ &= 10/2 \\ &= 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$l_t = l_v + l_w + l_n \longrightarrow l_n = \frac{r}{\tan k_r}$$

$$l_t = 5 + 16 + 8,7 \qquad l_n = \frac{5}{\tan 30}$$

$$l_t = 29,7 \text{ mm} \qquad l_n = \frac{5}{0,57}$$

$$l_n = 8,7 \text{ mm}$$

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$t_c = \frac{29,7}{30}$$

$$t_c = 0,99 \text{ menit}$$

## b) Pengeboran dengan Ø 16 mm

- Kedalaman potong

$$\begin{aligned} a &= d/2 \\ &= 16/2 \\ &= 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$l_t = l_v + l_w + l_n \longrightarrow l_n = \frac{r}{\tan k_r}$$

$$l_t = 5 + 16 + 14 \qquad l_n = \frac{8}{\tan 30}$$

$$l_t = 35 \text{ mm} \qquad l_n = \frac{8}{0,57}$$

$$l_n = 14 \text{ mm}$$

$$t_c = \frac{lt}{vf}$$

$$t_c = \frac{35}{30}$$

$$t_c = 1,16 \text{ menit}$$

## c) Pengeboran dengan Ø 20 mm

- Kedalaman potong

$$\begin{aligned} a &= d/2 \\ &= 20/2 \\ &= 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$l_t = l_v + l_w + l_n \longrightarrow l_n = \frac{r}{\tan k_r}$$

$$l_t = 5 + 16 + 17,54 \quad l_n = \frac{10}{\tan 30}$$

$$l_t = 35 \text{ mm} \quad l_n = \frac{10}{0,57}$$

$$l_n = 17,54 \text{ mm}$$

$$t_c = \frac{l_t}{vf}$$

$$t_c = \frac{38,54}{30}$$

$$t_c = 1,28 \text{ menit}$$

## 2) Proses bubut dalam

Proses bubut dalam dari Ø 20 mm menjadi Ø 20 mm dengan panjang 32 mm. (*roughing* a = 0,5 mm sebanyak 10 siklus)

Maka waktu pembubutan yang diperlukan adalah :

### a) Putaran mesin :

$$v = \frac{\pi . d . n}{1000} \text{ atau } n = \frac{v . 1000}{\pi . d}$$

$$n = \frac{38.1000}{3,14 . 60.5}$$

$$n = \frac{38000}{189,97}$$

$$n = 200,31 \text{ rpm}$$

kecepatan yang tersedia pada mesin yang mendekati 200 rpm

### b) *Roughing* :

$$t_c = \frac{l_t}{f . n} i$$

$$t_c = \frac{16}{0,5 \cdot 200} 10$$

$$t_c = 1,6 \text{ menit}$$

### 3) Proses bubut dalam

Proses bubut dalam dari Ø 30 mm menjadi Ø 47 mm dengan panjang 12 mm. (*roughing* a = 0,6 mm sebanyak 14 siklus dan *finishing* a = 0,1 mm)

Maka waktu pembubutan yang diperlukan adalah :

#### a) Putaran mesin

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ atau } n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{38 \cdot 1000}{3,14 \cdot 60 \cdot 5}$$

$$n = \frac{38000}{189,97}$$

$$n = 200,31 \text{ rpm}$$

kecepatan yang tersedia pada mesin yang mendekati 200 rpm

#### b) *roughing*

$$t_c = \frac{lt}{f \cdot n} i$$

$$t_c = \frac{16}{0,6 \cdot 200} 14$$

$$t_c = 1,86 \text{ menit}$$

#### c) *finishing*

$$t_c = \frac{lt}{f \cdot n} i$$

$$t_c = \frac{16}{0,1 \cdot 200} \cdot 1$$

$$t_c = 0,16 \text{ menit}$$

4) Waktu non produktif

$$t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{UW} + t_s / n_l$$

$$t_a = 15 + 1 + 0,5 + 1 + 15$$

$$t_a = 32,5 \text{ menit}$$

5) Waktu penggantian pahat

$$t_d = 15 \text{ menit}$$

penggantian pahat dilakukan apabila pahat aus dan dilakukan pengasahan.

6) Waktu total pengerjaan

$$t_m = t_a + t_c + t_d$$

Waktu kerja mesin : Pengeboran	=	6,86	menit
Bubut dalam	=	7,24	menit
Waktu non produktif	=	32,5	menit
Waktu penggantian pahat	=	15	menit
Waktu total	=	61,60	menit

Sehingga waktu total teoritis yang digunakan untuk proses pembuatan dua buah rumah *bearing roll crusher* atas adalah :

$$\text{Waktu di mesin sekrap} = 187,7 \text{ menit (dua buah benda)}$$

$$\begin{array}{r} \text{Waktu di mesin bubut} = 123,2 \text{ menit (dua buah benda)} \\ \hline = 310,9 \text{ menit} \end{array} +$$

#### D. Uji Fungsional

Roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah *bearing roll crusher* atas merupakan komponen penting pada mesin penggerus arang kayu dari pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui fungsinya yaitu :

1. Roda gigi *roll crusher* atas dapat berputar dengan baik, namun sedikit ngobeng dan terdengar bunyi hal ini disebabkan karena salah satu *roll crusher* atas ada yang sedikit melengkung akibat terdeformasi pada saat proses pengerasan permukaan.
2. Roda gigi *roll crusher* bawah dapat berputar dengan baik dan tidak ngobeng dan dapat mengatur kerenggangan antara dua *roll crusher* bawah, namun profil gigi yang dihasilkan kurang sesuai dengan gambar kerja hal ini disebabkan kesalahan pada pemilihan nomor pisau modul, tetapi hal ini tidak mempengaruhi dari fungsi roda gigi *roll crusher* bawah tersebut.
3. *Bearing* dapat terpasang pada rumah *bearing roll crusher* atas, pada saat *bearing* berputar dengan lancar.

## E. Uji Kinerja

Berdasarkan pengamatan uji fungsional setelah mesin penggerus arang kayu dirangkai dan dihidupkan, maka diperoleh hasil :

### 1. Roda gigi *roll crusher* atas

Roda gigi *roll crusher* atas mampu menopang *roll crusher* atas dan menahan gaya ke *roll crusher* atas sehingga dapat menggerus arang kayu sebanyak 200 gram selama 5 menit. Penyusutan arang yang terjadi sebesar 5%.

### 2. Roda gigi *roll crusher* bawah

Roda gigi *roll crusher* bawah mampu menopang *roll crusher* bawah dan menahan gaya ke *roll crusher* bawah, sehingga dapat menggerus arang kayu sebanyak 200 gram selama 5 menit. Penyusutan arang yang terjadi sebesar 5%.

### 3. Rumah *bearing roll crusher* atas

Rumah bearing *roll crusher* atas mampu menahan beban dari *roll crusher* atas, sehingga dapat menggerus arang kayu sebanyak 200 gram selama 5 menit. Penyusutan arang yang terjadi sebesar 5%.

## F. Pembahasan

### 1. Roda gigi *roll crusher* atas

Roda gigi *roll crusher* atas merupakan salah satu komponen penting yang terdapat pada mesin penggerus arang kayu. Komponen ini berfungsi sebagai penerus putaran dari motor listrik menuju *roll crusher* atas sehingga roda gigi merubah putaran *roll crusher* atas menjadi saling berlawanan arah sehingga arang kayu akan terdorong masuk ke dalam *roll crusher* dan tergerus. Bahan untuk roda gigi *roll crusher* atas adalah baja karbon rendah St 50 dengan ukuran Ø 64 x 40 mm sebanyak dua buah. Proses pengerjaan yang dilakukan dalam proses pembuatan roda gigi *roll crusher* atas antara lain identifikasi gambar kerja, proses pembubutan, proses pengeboran pada mesin bubut, proses pengefraisan (pembuatan gigi) proses pengaluran/*slotting*, proses pengeboran, proses pengetapan dan proses penghalusan.

Berdasarkan pengamatan uji fungsional dan uji kinerja roda gigi *roll crusher* atas dapat berputar dengan baik, namun sedikit ngobeng hal ini disebabkan karena salah satu *roll crusher* atas ada yang sedikit melengkung akibat terdeformasi pada saat proses pengerasan permukaan, ukuran roda gigi yang kurang sesuai dengan gambar kerja tetapi tidak mempengaruhi dari fungsi roda gigi *roll crusher* atas tersebut dan bentuk alur pasak yang sedikit miring sehingga pada saat dipasangkan dengan *roll crusher* atas harus terlebih dahulu memodifikasi bentuk pasak/spi mengikuti alur pada roda gigi dan *roll crusher* atas.



Berdasarkan data yang tercantum diatas, waktu pengerjaan yang didapat dari pembuatan roda gigi *roll crusher* atas yaitu pembuatan dua buah roda gigi *roll crusher* atas membutuhkan waktu 660 menit atau sekitar 11 jam.

## 2. Roda gigi *roll crusher* bawah

Roda gigi *roll crusher* bawah merupakan salah satu komponen penting yang terdapat pada mesin penggerus arang kayu. Komponen ini berfungsi sebagai penerus putaran dari motor listrik menuju *roll crusher* bawah sehingga roda gigi merubah putaran *roll crusher* bawah menjadi saling berlawanan arah selain itu roda gigi *roll crusher* bawah juga berfungsi sebagai pengatur kerenggangan antara dua *roll crusher* bawah sehingga hasil gerusan arang kayu yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Bahan untuk roda gigi *roll crusher* atas dan roda gigi *roll crusher* bawah adalah baja karbon rendah St 50 dengan ukuran Ø 64 x 30 mm sebanyak dua buah. Proses pengerjaan yang dilakukan dalam proses pembuatan roda gigi antara lain identifikasi gambar kerja, proses pembubutan, proses pengeboran, proses pengefraisan (pembuatan gigi) proses pengaluran/*slotting*, dan proses penghalusan.

Berdasarkan pengamatan uji fungsional dan uji kinerja roda gigi *roll crusher* bawah dapat berputar dengan baik, namun ukuran roda gigi kurang sesuai dengan gambar kerja tetapi tidak mempengaruhi dari fungsi roda gigi *roll crusher* bawah tersebut dan bentuk alur pasak yang sedikit miring sehingga pada saat dipasangkan dengan *roll crusher*

bawah harus terlebih dahulu memodifikasi bentuk pasak/spi mengikuti alur pada roda gigi dan *roll crusher* bawah.

Berdasarkan data yang tercantum diatas, waktu pengerjaan yang didapat dari pembuatan dua buah roda gigi *roll crusher* bawah waktu yang dibutuhkan adalah 720 menit atau sekitar 12 jam.

### 3. Rumah *Bearing Roll Crusher* Atas

Rumah *bearing* merupakan komponen penting pada mesin penggerus arang kayu. Di dalam rumah *bearing* terdapat dua lubang sebagai tempat *bearing* yang berfungsi sebagai tempat berputarnya dua buah *roll crusher* atas agar putaran yang dihasilkan lancar. Komponen ini harus dapat menahan beban putaran *roll crusher* pada saat proses penggerusan arang kayu. Bahan yang digunakan untuk rumah *bearing roll crusher* atas adalah baja karbon rendah St 50 dengan ukuran 140 x 60 x 16 mm. Proses pengerjaan yang dilakukan dalam proses pembuatan rumah *bearing* antara lain identifikasi gambar kerja, proses penyekrapan, proses pembubutan dan proses pengeboran.

Berdasarkan data yang tercantum diatas, waktu pengerjaan yang didapat dari pembuatan dua buah rumah *bearing rool crusher* atas yaitu waktu yang dibutuhkan 387 menit atau sekitar 6,5.

## G. Kelemahan – kelemahan

### 1. Roda Gigi *Roll Crusher* Atas

- a) Ukuran roda gigi *roll crusher* atas terdapat perbedaan dengan gambar kerja.

- b) Alur pasak pada roda gigi dan *roll crusher* berbeda disebabkan pahat slot yang miring.

## 2. Roda Gigi *Roll Crusher* Bawah

- a) Ukuran roda gigi *roll crusher* bawah terdapat perbedaan dengan gambar kerja.
- b) Alur pasak pada roda gigi dan *roll crusher* berbeda disebabkan pahat slot yang miring.
- c) Bentuk profil roda gigi *roll crusher* bawah terdapat perbedaan dengan gambar kerja, dikarenakan beberapa faktor pada saat proses pembuatan seperti : kesalahan pada pemilihan nomor pisau modul dan kelalaian pada operator.

## 3. Rumah *Bearing Roll Crusher* Atas

- a) Benda yang dihasilkan kurang siku disebabkan landasan yang berfungsi sebagai pengganjal benda kerja tidak siku.
- b) Lubang tempat *bearing* yang dihasilkan tidak simetris dikarenakan benda kerja yang kurang siku dan kesalahan pada saat menandai dengan penitik, tetapi masih dapat berfungsi dengan baik.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah dicapai dari keseluruhan proses pembuatan dan pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan untuk pembuatan roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah bearing *roll crusher* atas adalah baja karbon rendah St 50.
2. Mesin yang digunakan dalam pembuatan roda gigi *roll crusher* atas, roda gigi *roll crusher* bawah dan rumah bearing *roll crusher* atas adalah : mesin gergaji, mesin bubut, mesin frais, mesin skrap, mesin slot, mesin gerinda dan mesin bor meja. Sedangkan untuk alat bantu yang digunakan adalah : jangka sorong, *height gauge*, tap dan tangkai tap, ragum, mistar gulung, mistar siku, penggores, penitik, palu dan kikir.
3. Proses yang dilakukan pada pembuatan masing – masing komponen
  - a) Proses pembuatan roda gigi *roll crusher* atas : proses pemotongan bahan, proses pembubutan, proses pengefraisan, proses *slotting*, proses pengeboran, proses pengetapan, proses *finishing* dan proses perlakuan panas.
  - b) Proses pembuatan roda gigi *roll crusher* bawah : proses pemotongan bahan, proses pembubutan, proses pengefraisan, proses *slotting*, *finishing* dan proses perlakuan panas.

- c) Proses pembuatan rumah *bearing roll crusher* atas : proses penyekrapan, proses pembubutan dan proses pengelasan.

## **B. Saran**

Berdasarkan kelemahan – kelemahan diatas, maka dapat dapat disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Identifikasi gambar kerja sebelum melakukan proses pembuatan produk.  
Apabila terdapat keraguan baik sebelum proses pembuatan maupun pada saat proses pembuatan berlangsung, berdiskusilah dengan perancang produk.
2. Usahakan setiap langkah proses pembuatan dilakukan pengukuran untuk mengecek dimensi benda kerja.
3. Usahakan pada pembuaan alur pasak posisi pahat slot tegak lurus dan benda kerja dicekam dengan kuat.
4. Sebelum memakai alat potong sebaiknya berdiskusi dahulu dengan teknisi bengkel agar tidak terjadi kesalahan pada saat pembuatan benda kerja.
5. Dalam proses penyekrapan usahakan menggunakan landasan yang rata.

## DAFTAR PUSTAKA

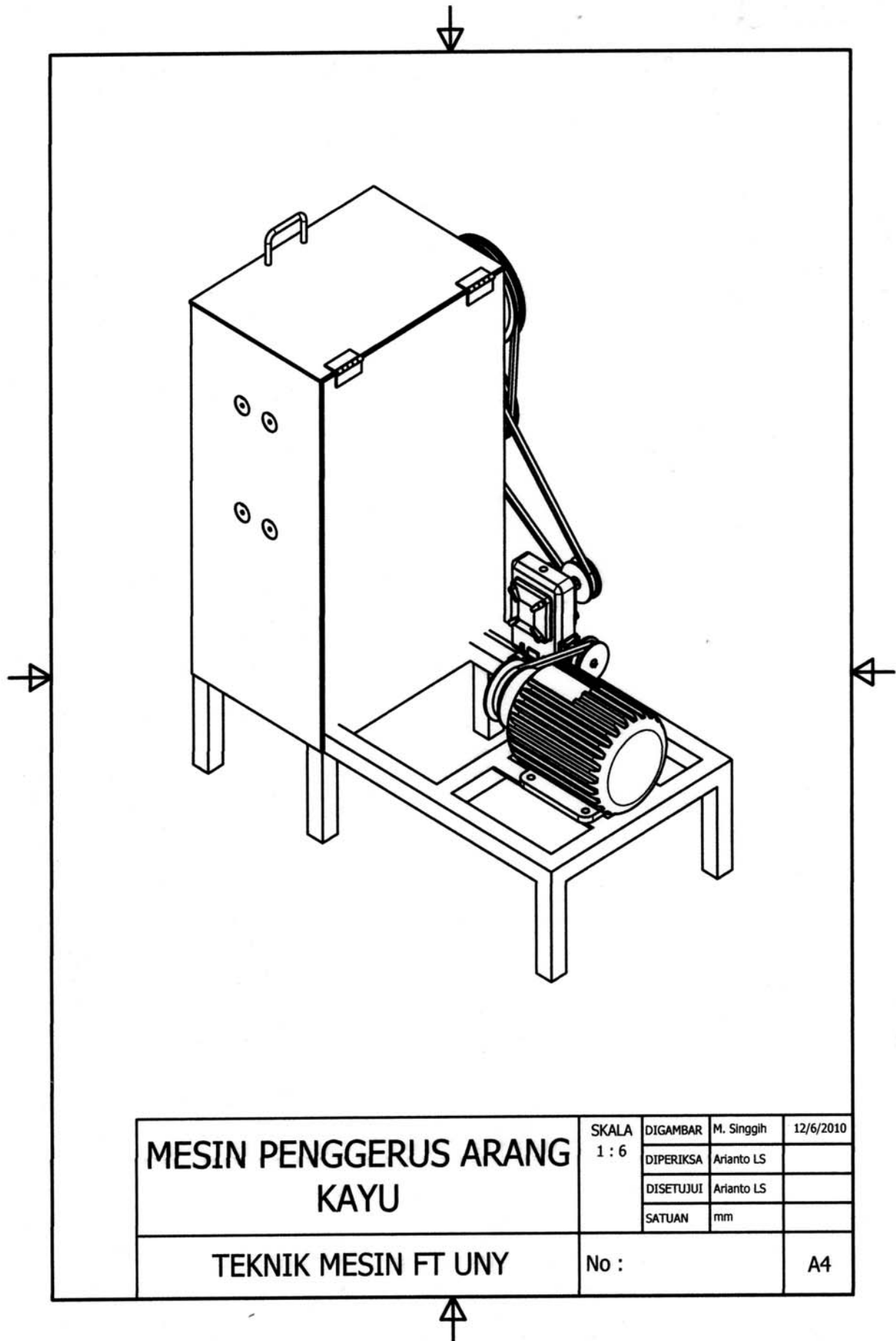
- Amanto, Hari. (2003). *"Ilmu Bahan"*, Jakarta : Bina Aksara.
- Budiman, A., Priambodo, B. (1992). *Elemen Mesin Jilid 1* (G. Niemann. Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Darmanto, Joko (2007). *"Belajar Dengan Mesin Bubut"*, Surakarta : Yudhistira
- Harun, C.van Terheijden. (1981). *Alat-alat Perkakas 1*, Bandung : Bina Cipta
- Harun, C.van Terheijden. (1981). *Alat-alat Perkakas 3*, Bandung : Bina Cipta
- <http://images.google.co.id> . di akses tanggal 8 januari 2011.
- <http://www.wolterpyrotools.com/?page=galery> diakses tanggal 14 November 2010.
- Pardjono & Hantoro, S. (1983). *Menggambar Mesin 1*. Yogyakarta : Hanindita
- Rochim, T. (2007). *"Proses Pemesinan 1"*, Bandung : ITB
- Rochim, T. (2007). *"Proses pemesinan 3"*, Bandung : ITB
- Sato, Takesi. (2000). *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sumantri. (1989) *"Teori Kerja Bangku"*. Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan. Tenaga kependidikan.
- Sumbodo, Wirawan. (2008). *"Teknik Produksi Mesin industri 2"*, Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan. Tenaga kependidikan.
- Sunyoto. (2008). *"Teknik Mesin Industri 1"*, Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan. Tenaga kependidikan.
- Umaryadi. (2007). *"Belajar dengan mesin Frais"*, Surakarta : Yudhistira.
- Widarto. (2008). *"Teknik Pemesinan"*, Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan. Tenaga kependidikan.

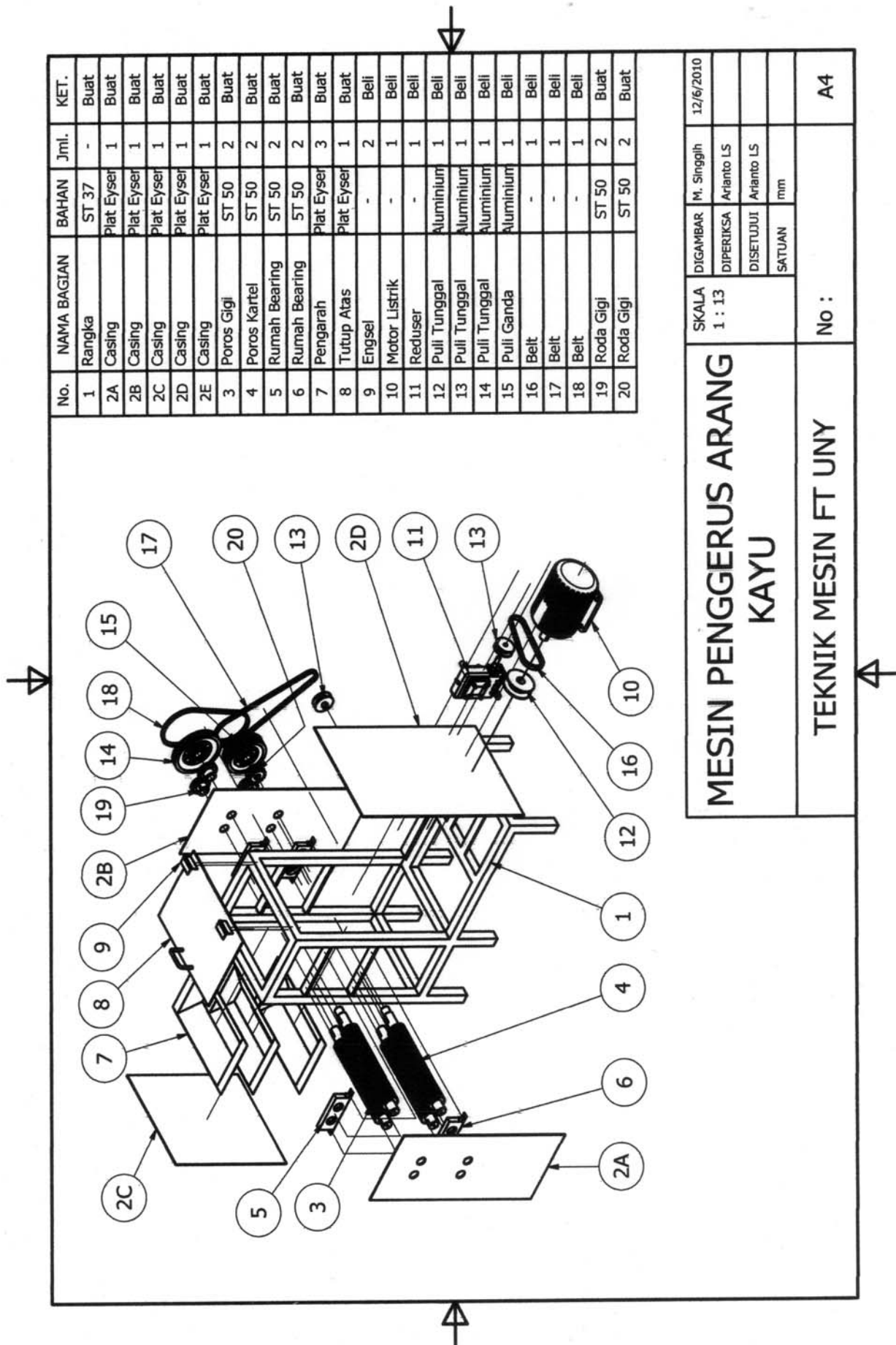
# LAMPIRAN

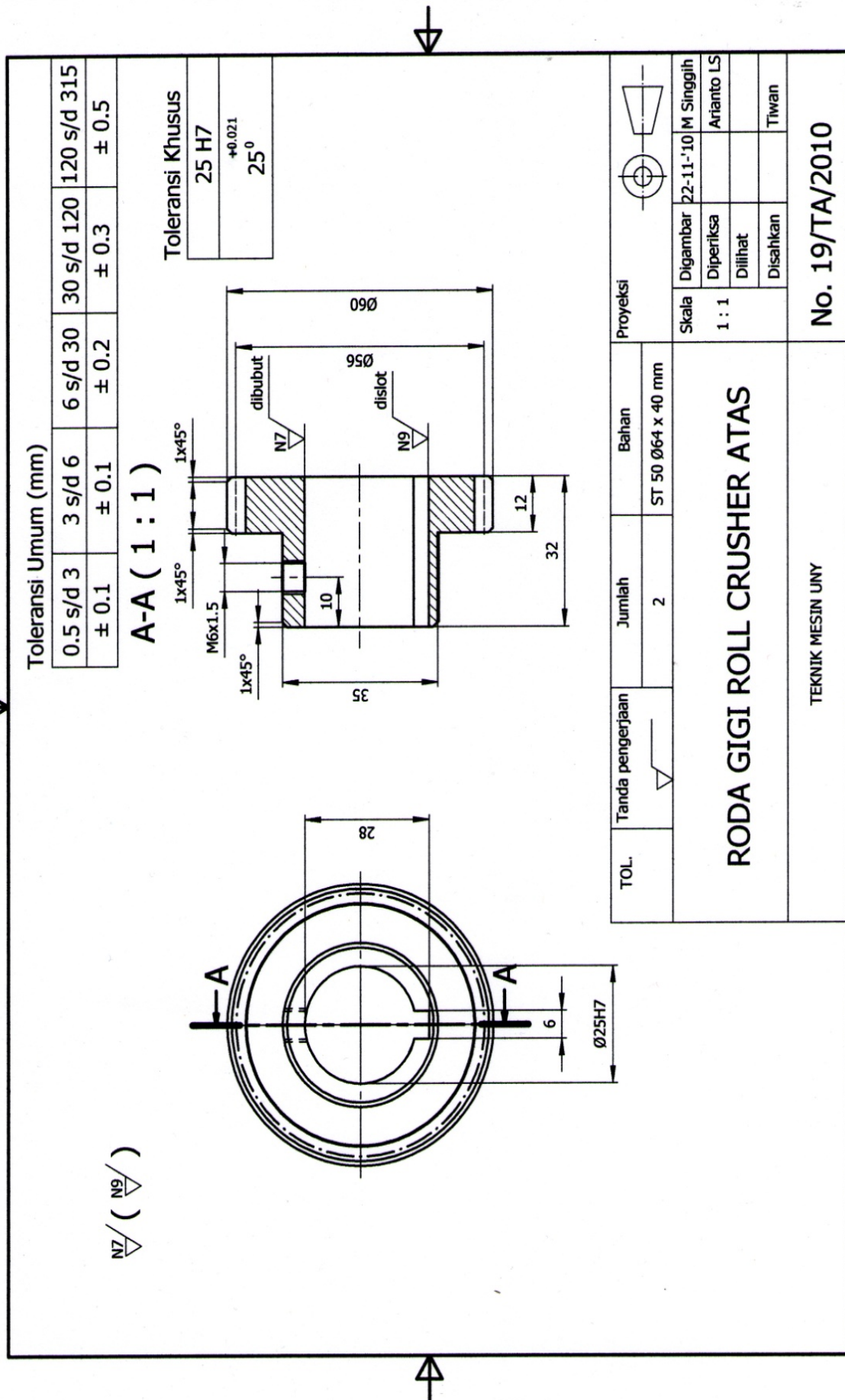
Lampiran 1.

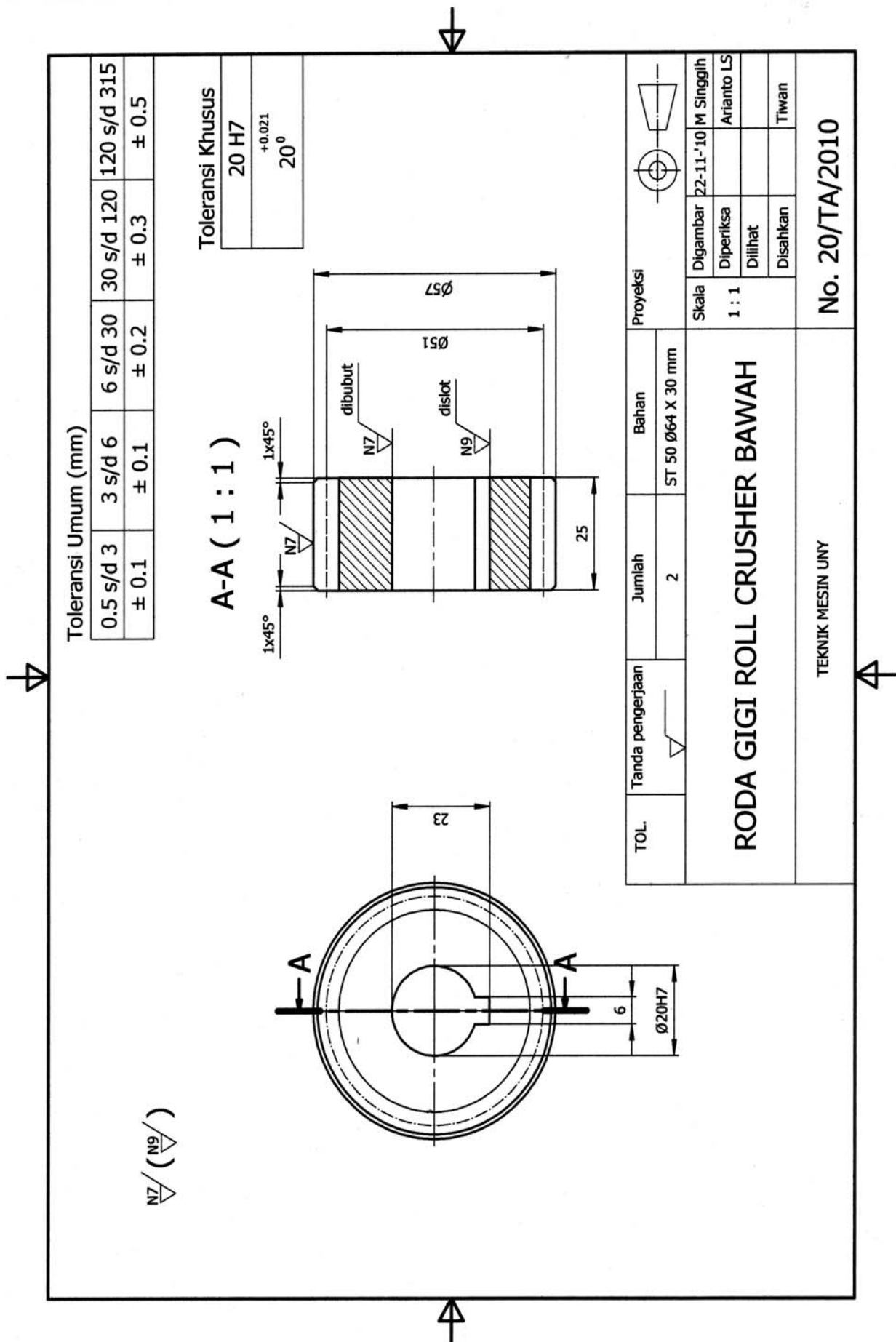
## **Gambar Kerja**

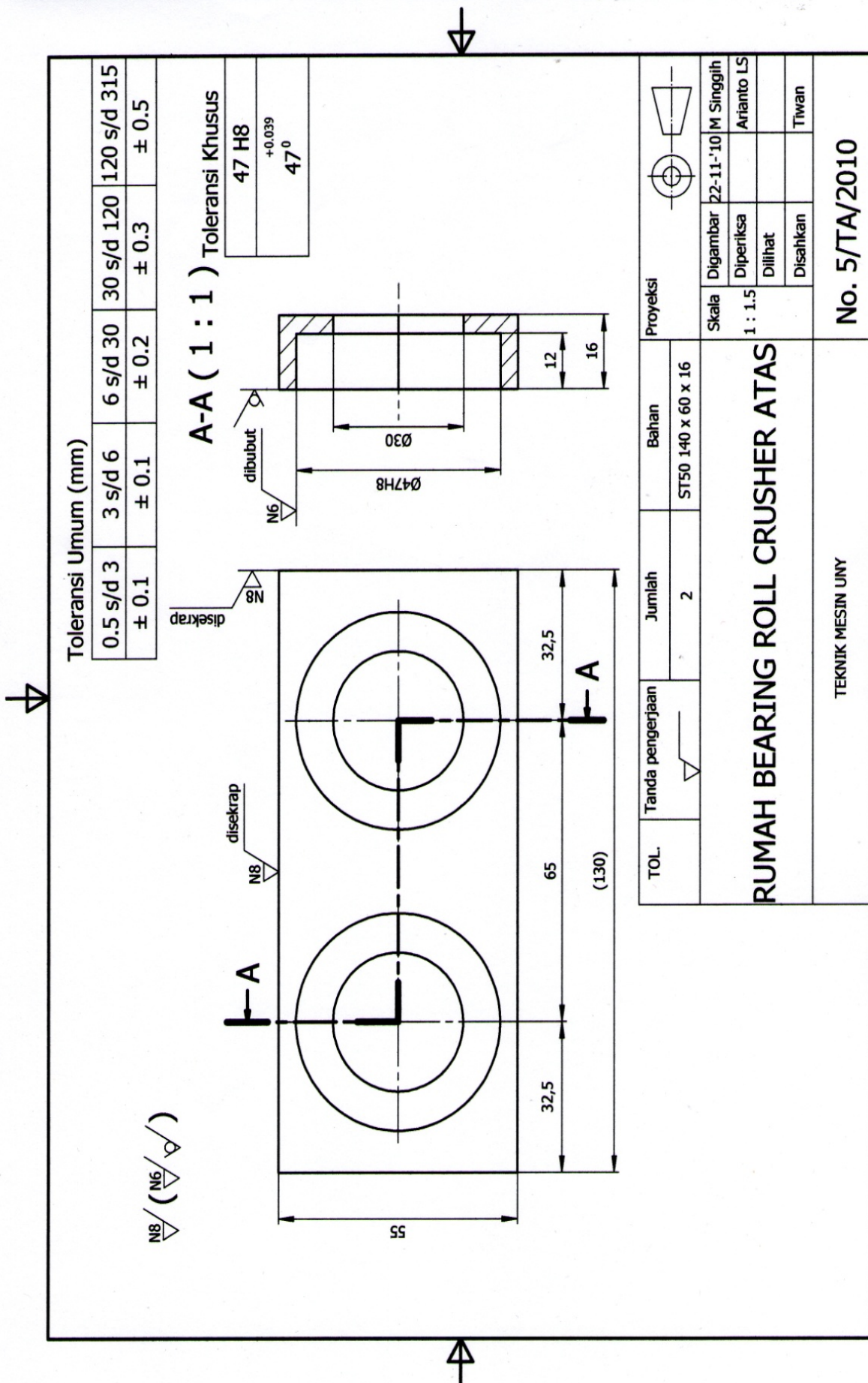




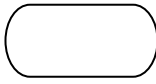

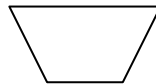
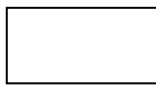
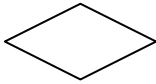


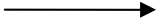








## Lampiran 2. Lambang-lambang dari Diagram Alir

Lambang	Nama	Keterangan
	Terminal	Untuk menyatakan mulai (start), berakhir (end) atau berhenti (stop)
	Input	Data dan persyaratan yang diberikan disusun disini
	Pekerjaan orang	Di sini diperlukan pertimbangan-pertimbangan seperti pemilihan persyaratan kerja, persyaratan pengerjaan, bahan dan perlakuan panas, penggunaan faktor keamanan dan factor-faktor lain, harga-harga empiris, dll.
	Pengolahan	Pengolahan dilakukan secara mekanis dengan menggunakan persamaan, tabel dan gambar.
	Keputusan	Harga yang dihitung dibandingkan dengan harga Patoka, dll. Untuk mengambil keputusan
	Dokumen	Hasil perhitungan yang utama dikeluarkan pada alat ini
	Pengubung	Untuk menyatakan pengeluaran dari tempat keputusan ke tempat sebelumnya atau berikutnya, atau suatu pemasukan ke dalam aliran yang berlanjut.
	Garis aliran	Untuk menghubungkan langkah-langkah yang berurutan

Catatan:

(Tidak +) Kesalahan yang masih bisa diperbaiki,

(Tidak -) Kesalahan yang tidak bisa diperbaiki, harus mengulang dari awal/pemotongan bahan.

Lampiran 3. Hasil Uji Kekerasan Bahan Untuk Roda Gigi *Roll Crusher* Atas Roda Gigi *Roll Crusher* Bawah dan Rumah *Bearing Roll Crusher* Atas

1. Uji bahan

Langkah – langkah pengujian bahan :

- a. Siapkan alat dan bahan untuk uji kekerasan Brinell.
- b. Bahan yang terbuat dari baja karbon digerinda dan dikikir sampai rata.
- c. Setelah rata, bahan dihaluskan permukaannya dengan diampelas.
- d. Selanjutnya, bahan dipoles dengan *polishing machine* sampai mengkilap pada bagian permukaan yang akan diuji.
- e. Lakukan pengujian bahan dengan *Universal Hardness Tester* sebanyak 3 spesimen.
- f. Ukur diameter hasil pengujian dengan kaca pembesar berskala.
- g. Lakukan perhitungan dari pengujian bahan tersebut
- h. Hasil perhitungan uji kekerasan Brinell dikonversikan ke nilai uji tarik.

2. Data – data pengujian

Alat uji dan system uji = Brinell

Indentor = Bola baja dengan  $D = 5 \text{ mm}$

Beban penekan = 250 kg (2452 N)

Diameter indentasi 1 ( $d$ ) = 1,4 mm

Diameter indentasi 2 ( $d$ ) = 1,3 mm

Diameter indentasi 3 ( $d$ ) = 1,4 mm

3. Perhitungan hasil pengujian

a. Spesimen 1

$$BHN = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$BHN 1 = \frac{2.250}{(3,14.5)(5 - \sqrt{5^2 - 1,4^2})}$$



$$BHN\ 1 = \frac{500}{(15,7)(5 - \sqrt{5^2 - 1,4^2})}$$

$$BHN\ 1 = 159,23\ kg/mm^2$$

b. Spesimen 2

$$BHN\ 2 = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$BHN\ 2 = \frac{2.250}{(3,14.5)(5 - \sqrt{5^2 - 1,3^2})}$$

$$BHN\ 2 = \frac{500}{(15,7)(5 - \sqrt{5^2 - 1,3^2})}$$

$$BHN\ 2 = 187,33\ kg/mm^2$$

c. Spesimen 3

$$BHN = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$BHN\ 3 = \frac{2.250}{(3,14.5)(5 - \sqrt{5^2 - 1,4^2})}$$

$$BHN\ 3 = \frac{500}{(15,7)(5 - \sqrt{5^2 - 1,4^2})}$$

$$BHN\ 3 = 159,23\ kg/mm^2$$

Dari hasil perhitungan di atas, maka hasil BHN rata-rata sebagai berikut :

$$\begin{aligned} BHN_{rata-rata} &= \frac{BHN\ 1 + BHN\ 2 + BHN\ 3}{3} \\ &= \frac{159,23 + 187,33 + 159,23}{3} \end{aligned}$$



$$= \frac{505,89}{3}$$

$$= 168,63 \text{ kg/mm}^2$$

#### 4. Kesimpulan

Jadi, hasil BHN rata-rata adalah  $168,63 \text{ kg/mm}^2 \approx 171 \text{ kg/mm}^2$ . Hasil uji kekerasan Brinell dikonversikan ke uji tarik dengan nilai kekuatan tarik  $575 \text{ N/mm}^2$ . Hasil tersebut termasuk ke dalam tipe bahan St 50 (lihat lampiran 4)

Lampiran 4. Tabel Baja konstruksi umum menurut DIN 17100 (Niemann, G., 1999)

<sup>1</sup> Simbol dengan grup kualitas	<sup>2</sup> Tipe deoksidasi	No. bahan	Jenis baja menurut Euronorm 25	Kadar C (%) ≤	Kekuatan			HB	Penggunaan
					$\sigma_B$ sampai 100 mm $\phi$ (N/mm <sup>2</sup> )	<sup>3</sup> $\sigma_s$ min (N/mm <sup>2</sup> )	$\delta$ 5 min (%)		
St 33-1		1.0033	Fe 33-0	—	340...490	190	18	—	Untuk bagian tanpa beban khusus
St 33-2		1.0035	—	—	340...490	190	18	—	
St 34-1	U	1.0100	Fe 34-A	0,17	330...410	200	28	95...120	Baja tempa, mudah dikerjakan, baik untuk paku keling dan sekrup, pelat ekstrusi dan pipa.
	R	1.0150							
St 34-2	U	1.0102	Fe 34-B3FU	0,15					
	R	1.0108	Fe 34-B3FN						
St 37-1	U	1.0110	Fe 37-A	0,20	360...440	240	25	105...125	Baja tempa, biasa dipakai dikonstruksi mesin, untuk tangki dan ketel, mudah dilas.
	R	1.0111							
St 37-2	U	1.0112	Fe 37-B3FU	0,18					
	R	1.0114	Fe 37-B3FN						
St 37-3	RR	1.0116	Fe 37-C3	0,17					Komponen pres dan tempa, poros beban sedang, batang engkol kecil, mudah dilas.
St 42-1	U	1.0130	Fe 42-A	0,25	410...490	250	22	120...140	
	R	1.0131							
St 42-2	U	1.0132	Fe 42-B3FU	0,25					
	R	1.0134	Fe 42-B3FN						Poros beban tinggi, batang engkol mudah dikerjakan, sulit dikeraskan.
St 42-3	RR	1.0136	Fe 42-C3	0,23					
St 50-1	R	1.0530	Fe 50-1	0,25	490...590	290	20	140...170	
St 50-2	R	1.0532	Fe 50-2	0,30					
St 52-3	RR	1.0841	Fe 52-C3	0,2	510...610	350	22	—	Baja konstruksi bangunan, mudah dilas.
St 60-1	R	1.0540	Fe 60-1	0,35	590...710	330	15	170...195	Untuk komponen pembebanan tinggi dan beban gesek, pena pasak, spi, roda gigi, spindel, dapat dikeraskan.
St 60-2	R	1.0572	Fe 60-2	0,40					
St 70-2	R	1.0632	Fe 70-2	0,5	690...830	360	10	195...240	Untuk komponen yang sangat keras noken as, penggiling, cetakan, dapat dilakukan, temper dan bisa dikerjakan.

<sup>1</sup> Untuk grup kualitas utama, harus mengandung kadar % P, S atau N yang rendah.

Q : Tepi yang tidak retak; Z : batang tarik; P : tempa; Ro : untuk pipa.

<sup>2</sup> U : tidak stabil, R : stabil, RR : dituang dalam keadaan sangat stabil.

<sup>3</sup> Harga untuk tebal ≤ 16 mm, untuk 16... 40,  $\sigma_s$ ... 10 N/mm<sup>2</sup>, untuk 40... 100 mm,  $\sigma_s$ ... 20 N/mm<sup>2</sup> dipilih lebih rendah.

Lampiran 5. Hardness Conversion Table.

(<http://www.engineershandbook.com/Tables/hardness.htm>.)

Hardness Conversion Table				
Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Brinell Hardness (BHN)	Vickers Hardness (HV)	Rockwell Hardness (HRB)	Rockwell Hardness (HRC)
285	86	90		
320	95	100	56.2	
350	105	110	62.3	
385	114	120	66.7	
415	124	130	71.2	
450	133	140	75.0	
480	143	150	78.7	
510	152	160	81.7	
545	162	170	85.0	
575	171	180	87.1	
610	181	190	89.5	
640	190	200	91.5	
675	199	210	93.5	
705	209	220	95.0	
740	219	230	96.7	
770	228	240	98.1	
800	238	250	99.5	
820	242	255		23.1
850	252	265		24.8
880	261	275		26.4
900	266	280		27.1
930	276	290		28.5
950	280	295		29.2
995	295	310		31.0
1030	304	320		32.2
1060	314	330		33.3
1095	323	340		34.4
1125	333	350		35.5

1155	342	360		36.6
1190	352	370		37.7
1220	361	380		38.8
1255	371	390		39.8
1290	380	400		40.8
1320	390	410		41.8
1350	399	420		42.7
1385	409	430		43.6
1420	418	440		44.5
1455	428	450		45.3
1485	437	460		46.1
1520	447	470		46.9
1555	456	480		47.7
1595	466	490		48.4
1630	475	500		49.1
1665	485	510		49.8
1700	494	520		50.5
1740	504	530		51.1
1775	513	540		51.7
1810	523	550		52.3
1845	532	560		53.0
1880	542	570		53.6
1920	551	580		54.1
1955	561	590		54.7
1995	570	600		55.2
2030	580	610		55.7
2070	589	620		56.3
2105	599	630		56.8
2145	608	640		57.3
2180	618	650		57.8

## Lampiran 6. Tabel Variasi Penyimpanagn Umum

**Tabel Variasi Penyimpangan Umum**

Ukuran Nominal (mm)	Jenis Pekerjaan		
	Teliti	Sedang	Kasar
05 sampai dengan 3	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	-
3 sampai dengan 6	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$
6 sampai dengan 30	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$
30 sampai dengan 120	$\pm 0,15$	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$
120 sampai dengan 315	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,2$
315 sampai dengan 1000	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$	$\pm 2$
1000 sampai dengan 2000	$\pm 0,5$	$\pm 1,2$	$\pm 3$

Sumber : G. Takeshi Sato dan N. Sugiarto Hartanto (200: 139)

## Lampiran 7. Tabel Harga Toleransi Menurut ISO

Tabel harga toleransi menurut ISO

Ukuran nominal	Lubang													
	Z1	H6	JS6	K6	G7	H7	JS7	K7	M7	P7	R8	H8	H9	P9
> 3 — 6	ES EI	+8 0	± 4	+2 -6	+16 +4	+12 0	± 6	+3 -9	0 -12	-8 -20	+38 +20	+18 0	+30 0	-12 -42
> 6 — 10	ES EI	+9 0	± 4,5	+2 -7	+20 +5	+15 0	± 7,5	+5 -10	0 -15	-9 -24	+47 +25	+22 0	+36 0	-13 -51
> 10 — 18	ES EI	+11 0	± 5,5	+2 -9	+24 +6	+18 0	± 9	+6 -12	0 -18	-11 -29	+59 +32	+27 0	+43 0	-18 -61
> 18 — 30	ES EI	+13 0	± 6,5	+2 -11	+28 +7	+21 0	± 10,5	+6 -15	0 -21	-14 -35	+73 +40	+33 0	+52 0	-22 -74
> 30 — 50	ES EI	+16 0	± 8	+3 -13	+34 +9	+25 0	± 12,5	+7 -18	0 -25	-17 -42	+89 +50	+39 0	+62 0	-26 -88
> 50 — 80	ES EI	+19 0	± 9,5	+4 -15	+40 +10	+30 0	± 15	+9 -21	0 -30	-21 -51	+106 +60	+46 0	+74 0	-32 -106
> 80 — 120	ES EI	+22 0	± 11	+4 -18	+47 +12	+35 0	± 17,5	+10 -25	0 -35	-24 -59	+126 +72	+54 0	+87 0	-37 -124
> 120 — 180	ES EI	+25 0	± 12,5	+4 -21	+54 +14	+40 0	± 20	+12 -28	0 -40	-28 -68	+148 +85	+63 0	+100 0	-43 -143
	Poros													
	Z1	h5	js5	k5	g6	h6	js6	k6	m6	p6	s6	f7	e8	h9
> 3 — 6	es ei	0 -5	± 2,5	+6 +1	-4 -12	0 -8	± 4	+9 +1	+12 +4	+20 +12	+27 +19	-10 -22	-20 -38	0 -30
> 6 — 10	es ei	0 -6	± 3	+7 +1	-5 -14	0 -9	± 4,5	+10 +1	+15 +6	+24 +15	+32 +23	-13 -28	-25 -47	0 -36
> 10 — 18	es ei	0 -8	± 4	+9 +1	-6 -17	0 -11	± 5,5	+12 +1	+18 +7	+29 +18	+39 +28	-16 -34	-32 -59	0 -43
> 18 — 30	es ei	0 -9	± 4,5	+11 +2	-7 -20	0 -13	± 6,5	+15 +2	+21 +8	+35 +22	+48 +35	-20 -41	-40 -73	0 -52
> 30 — 50	es ei	0 -11	± 5,5	+13 +2	-9 -25	0 -16	± 8	+18 +2	+25 +9	+42 +26	+59 +43	-25 -50	-30 -89	0 -62
> 50 — 80	es ei	0 -13	± 6,5	+15 +2	-10 -29	0 -19	± 9,5	+21 +2	+30 +11	+51 +32	3) -60	-30 -60	-60 -106	0 -74
> 80 — 120	es ei	0 -15	± 7,5	+18 +3	-12 -34	0 -22	± 11	+25 +3	+35 +13	+59 +37		-36 -71	-72 -126	0 -87
> 120 — 180	es ei	0 -18	± 9	+21 +3	-14 -39	0 -25	± 12,5	+28 +3	+40 +15	+68 +43		-43 -83	-83 -148	0 -100

Sumber: H. Sirod dan Pandjono, (1983 : 88)

Lampiran 8. Tabel Lambang Arah Bekas Pengerjaan

Simbol	Keterangan
	Simbol dasar ini tidak ada artinya sebelum ada simbol tambahan yang lain.
	Simbol dasar yang diberi garis mendatar, maksudnya permukaan itu harus dikerjakan dengan mesin.
	Simbol pokok yang ditambah dengan lingkaran, artinya permukaan tidak boleh dikerjakan sedikit pun.
	Simbol dasar diberi tambahan huruf N, berarti permukaan itu tidak boleh dikerjakan dengan mesin. Huruf N menunjukkan harga kekasaran yang mempunyai indeks 1 sampai dengan 12.
	Simbol tanda pengerjaan yang berarti permukaan yang bersangkutan harus dikerjakan dengan mesin dan mempunyai indeks kekasaran N.
	Simbol pengerjaan dengan kekasaran N yang tidak boleh dikerjakan sedikit pun.
	Simbol tanda pengerjaan dengan kekasaran minimum dan maksimum, N6 adalah kekasaran maksimum dan N2 adalah kekasaran minimum.
	Simbol tanda pengerjaan dengan keterangan yang menunjukkan pengerjaan akhir dengan cara dipolis.
	Simbol pengerjaan yang mencantumkan panjang sampel (sampling length).
	Simbol pengerjaan yang mencantumkan pula arah pengerjaan dengan mesin. Contoh: X;M;C;R;11

Sumber : H. Sirod dan Pardjono (1983; 152)

Lampiran 9. Tabel Harga Kekasaran Untuk Jenis – Jenis Pengerjaan

CARA Pengerjaan	KATEGORI KEKASARAN															
	N 12	N 11	N 10	N 9	N 8	N 7	N 6	N 5	N 4	N 3	N 2	N 1				
	Ra dalam $\mu m$															
	200	100	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0,012	0,005
Las potong																
Penggergajian																
Penggosokan kasar																
Pemotongan dengan gunting																
Penyemprotan pasir																
Penyemprotan peluru																
Bubutan kasar																
Bubutan halus																
Pengalaman																
Pengeboran																
Persingan																
Reameran																
Frais datar																
Frais tegak																
Peluasan lubang																
Gkrapan																
Gerinda permukaan datar																
Gerinda bentuk silinder																
Pengasahan kasar																
Penyelesaian sangat halus																
Pengasahan rata																
Pangasahan putar																
Polesan																
Serutan percik																

KASAR    NORMAL    HALUS

**Keterangan:**

kasar = maksudnya adalah kekasaran permukaan yang dicapai dengan pengerjaan kasar

normal = maksudnya harga kekasaran permukaan yang dicapai dengan pengerjaan normal/sedang

halus = maksudnya harga kekasaran permukaan yang dicapai dengan pengerjaan khusus/halus

- Harga kekasaran dengan simbol huruf = N.
- Tingkat kekasaran dengan simbol angka = 1 hingga 12.
- Harga kekasaran Ra dalam satuan  $\mu m$ .

Sumber : H. Sirod dan Pardjono (1983; 156)



Lampiran 10. Tabel Harga Kekasaran dan Angka Kelas Kekasaran

<b>Harga Kekasaran <math>R_a</math> (<math>\mu m</math>)</b>	<b>Angka Kelas Kekasaran</b>
50	N12
25	N11
12,5	N10
6,3	N9
1,6	N8
0,8	N7
0,4	N6
0,2	N5
0,1	N4
0,05	N3
0,05	N2
0,025	N1

Sumber: G. Takeshi Sato dan N. Sugiarto Hartanto (2000: 186)

Lampiran 11. Foto *Team* pembuat Mesin Penggerus Arang Kayu



Foto 1

Tim pembuat mesin penggerus arang kayu terdiri dari 5 orang

Dari kiri ke kanan (M Singgih Nur Ihsan, Danu Wijaya, Dandi Fajarfani, Danang Ardiyanto, Alfin Hidayat)

## Lampiran 12. Foto dan Proses Uji Kinerja



Foto 2  
Bahan baku berupa arang kayu



Foto 3  
Arang kayu yang akan digerus ditimbang terlebih dahulu beratnya. (dalam uji kinerja ini menggunakan arang kayu dengan berat 200 gram)



Foto 3  
Sambungkan stop kontak kesumber listrik untuk persiapan penghidupan mesin karena mesin penggerus arang kayu ini tidak lagi menggunakan tenaga manusia lagi sebagai tenaga penggerak putarannya.



Foto 4  
Penyetelan kerenggangan *roll crusher* bawah agar arang kayu yang dihasilkan, diharapkan ukuran *mesh* nya 10-60.





Foto 5  
Nyalakan motor listrik dengan menekan tombol saklar *on*



Foto 6  
Masukan arang kayu kedalam *hopper* mesin, untuk kemudian digerus oleh roll crusher.



Foto 7  
Matikan mesin dengan menekan tombol *off* pada saklar.



Foto 8  
Hasil dari penggerusan arang kayu akan terkumpul didalam bak penampung yang terdapat dibawah rangka mesin.



Foto 9  
Keluarkan bak penampung arang kayu dari dalam rangka mesin dan arang kayu yang telah digerus terkumpul pada bak penampung.



Foto 10  
Hasil dari arang kayu yang telah digeruskan berupa *granule* dengan ukuran *mesh* 10-60.



**Tempat · Bengkel Fabrikasi**

[illegible]





**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK**

FRM/MES/28-00  
02 Agustus 2007

**Lampiran....: Kartu Bimbingan Proyek Akhir**

**Judul Proyek Akhir** : Proses Pembuatan Roda Gigi *Roll Crusher* Atas, Roda Gigi *Roll Crusher* Bawah dan Rumah *Bearing Roll Crusher* Atas Pada Mesin Penggerus Arang Kayu

**Nama Mahasiswa** : Mochamad Singgih Nur Ihsan

**No Mahasiswa** : 07508131015

**Dosen Pembimbing** : Arianto Leman Soemowidagdo, M.T.

Bimb. Ke	Hari/Tanggal Bimbingan	Materi Bimbingan	Catatan Dosen Pembimbing	Tanda Tangan Dosen Pembimbing
1	23/11 2010	Bab 1	Perbaiki latar blkg & identifikasi Masalah.	
2	2/12 2010	Bab 1	Perbaiki: Rumusan, location Masalah.	
3	10/1 2011	Bab 1 & 2	Bab 1. aee Dok 2. Perbaiki identifikasi alat	
4	12/1 2011	Bab 2 & 3	Bab 2: Cantumkan Referensi Bab 3: konsep yg spesifik	
5	11/2 2011	Bab 3 & 4	Bab 3: Perbaiki diagram alir Bab 4: buat dan buat tabel	
6	17/2 2011	Bab 4 & 5	Bab 4: Perbaiki pembahasan Bab 5: buat lebih ringkas.	
7	21/2 2011	Bab 4, 5 & Abstrak.	Bab 4 & 5: aee Abstrak: Perbaiki	
8	23/2 2011		aee	
9				
10				

**Keterangan:**

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali  
Bila lebih dari 6 kali, kartu ini boleh dicopy.
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan proyek akhir

**Mengetahui  
Koordinator Proyek Akhir,**

**Jarwopuspito, M.P.  
NIP. 19630108 198901 1 001**



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : Roda Gigi Roll Crusher atas  
Hari/Tanggal Pembuatan : 3 April 2010  
Tempat Membuat : Bengkel Pemisiran UMY  
Nama Pembuat : M Singgih Nur Ihsan

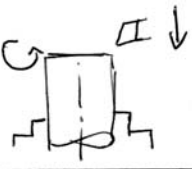
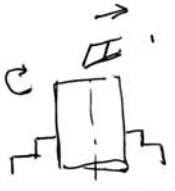
Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrument yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1.		Mesin Gergaji, Meteran	Mengukur bahan menjadi ukuran $\varnothing 69 \times 40 \text{ mm}$				30 menit $\times 2 \text{ buah}$ (60 menit)	2 buah Benda Kerja
2.		Mesin bubut dan Kelengkapannya, pahat bubut HSS	Bubut halus	$N = 200 \text{ rpm}$ $V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$ $= \frac{3,14 \cdot 64 \cdot 200}{1000}$ $= 40,2 \text{ m/menit}$	Gantikan Selalu Alat pelindung Diri		5 menit	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007

3.		Mesin bubut dan Perlingkapannya, pahat HSS	Bubut rata $\varnothing 60 \times 15 \text{ mm}$ dan Chamfer $1 \times 45^\circ$	$N = 200 \text{ rpm}$ $VC = 40,2 \text{ m/min}$	Gundukan Kacamata & sawung tangan Pada saat mem- bubut	15 menit	
4.		Mesin bubut dan Perlingkapannya, pahat HSS	Balik Benda kayu untuk mendapatkan piringan Jalan bilah sebaliknya, Bubut feeding menjadi ukuran panjang 32 mm	$N = 200 \text{ rpm}$ $VC = 40,2 \text{ m/min}$	Gundukan Alat pelindung dari	25 menit	

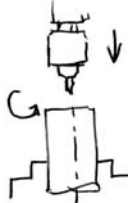
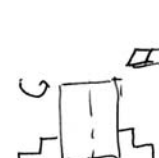

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir





UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007

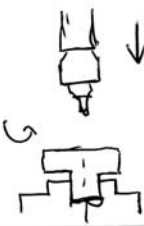
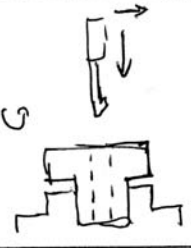
5.		Mesin bubut dan kelengkapan nya, Bar Senter	Bar Senter	$N = 200 \text{ rpm}$ $VC = 40,2 \text{ m/min}$	Guratan selalu Alat Pelindung dari	3 menit	
6.		Mesin bubut dan kelengkapan nya, pahat HSS	Bubut rata $\varnothing 60 \times 32 \text{ mm}$				
7.		Mesin bubut dan kelengkapan nya, pahat HSS	Bubut rata $\varnothing 35 \times 20 \text{ mm}$ dan Chamfer $1 \times 45^\circ$ pada $\varnothing 60 \times 12 \text{ mm}$ dan $\varnothing 35 \times 20 \text{ mm}$	$N = 200 \text{ rpm}$ $VC = 40,2 \text{ m/min}$	Guratan selalu Alat Pelindung dari	45 menit	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007

8.		Mesin bubut dan Pergigian kapannya, Bar sinter, Bor $\varnothing 10$ , $\varnothing 16$ , $\varnothing 20$	Paluk. Bendu kaga kemudian dibor Senter dilampirkan dengan dibor $\varnothing 20$ hingga Tembus	VC=40,2 m/min N= 200 rpm	Gundekan Selalu Alat Pendukung dari	30 menit	
9.		Mesin bubut dan Pergigian kapannya, Pahit bubut dalam	Bubut dalam $\varnothing 25$ hingga Tembus	VC=40,2 m/min N= 200 rpm	Gundekan Selalu Alat Pendukung dari	30 menit	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007

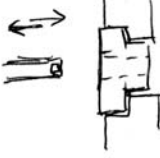
10.		<p>Mom. torsi horisan dan kelengkapannya Pisau, torsi <math>M = 2</math></p>	<p>membuat gigi dengan <math>Z = 28</math></p>	<p> <math>D_t = Z \cdot m</math>  <math>= 28 \cdot 2</math>  <math>= 56 \text{ mm}</math>  <math>D_k = D_t \cdot 2 \cdot m</math>  <math>= 56 \cdot 2(2)</math>  <math>= 60 \text{ mm}</math>  <math>h = h_k + h_f</math>  <math>h_k = 1 \cdot m</math>  <math>= 1 \cdot 2</math>  <math>= 2</math>  <math>h_f = 1,3 \cdot m</math>  <math>= 1,3 \cdot 2</math>  <math>= 2,6</math>                      jadi <math>h = 2 + 2,6</math>  <math>= 4,6 \text{ mm}</math>  <math>\eta_{dk} = \frac{1}{2}</math>  <math>= \frac{40}{28}</math>  <math>= 1 \frac{12}{28}</math> putaran                 </p>	<p>Gunaan Sebagai alat perbinding dari</p>	<p>6 jam</p>	<p>2 Buah Benda kerja bisa langsung dikorbankan pada saat bersamaan.</p>
-----	--	--	--	--	--	--------------	--

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007

11.		Mesin slot, jangka sorong	Membuat alur pada panjang 6 mm lebar 3 mm				10 menit x 2 (20 menit)	2 Buah Benda kerja
-----	---	---------------------------	---	--	--	--	-------------------------	--------------------

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir

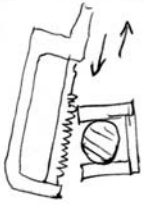
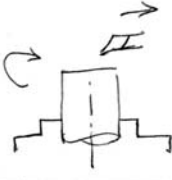


UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRMMES/23-00  
02 Agustus 2007

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : Roda Gigi Ball Crusher Bawah  
Hari/Tanggal Pembuatan : 8 Mei 2010  
Tempat Membuat : Bangkai Pemrosesan UMY  
Nama Pembuat : M Singgih Nur Ihsan

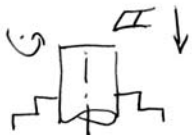
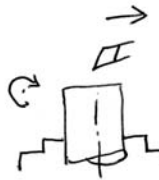
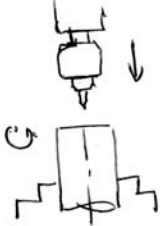
Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrument yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1.		Mesin Gergaji, meteran	memotong bahan menjadi ukuran $\phi 64 \times 30 \text{ mm}$				30 menit x 2 buah benda kerja (60 menit)	2 Buah benda kerja
2.		Mesin Bubut dan ketangkapannya, pahat bubut HSS	Bubut halus	$N = 200 \text{ rpm}$ $V_c = \frac{\pi D n}{1000}$ $= \frac{314 \cdot 64 \cdot 200}{1000}$ $= 402 \text{ m/min}$	Gunakan alat pelindung diri		5 menit	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRMMES/23-00  
02 Agustus 2007

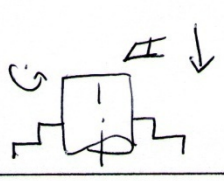
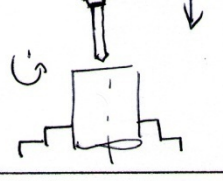
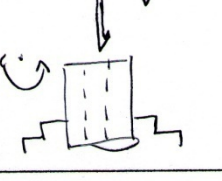
3.		Mesin bubut dan kelengkapanya, pahat HSS	Bubut rata menjadi $\varnothing 57 \times 15$ , dan chimpes 1 X 450	N = 200 rpm VC = 40,2 m/min	Gundukan alat pelindung dari		
4.		Mesin bubut dan kelengkapanya, pahat HSS	Balok benda kerja Bubut-jaring menjadi $\varnothing 64 \times 25$ mm	N = 200 rpm VC = 40,2 m/min	Gundukan alat pelindung dari	20 menit	
5.		Mesin bubut dan kelengkapanya, Bor Senter	mengbor senter	N = 200 rpm VC = 40,2 m/min	Gundukan alat pelindung dari	3 menit	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007


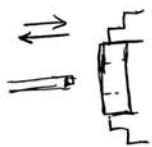
6.		Mesin bubut dan belungkannya, pahat HSS, jangka sorong	Bubut rata menjadi $\varnothing 57 \times 25 \text{ mm}$ dan chamfer $1 \times 45^\circ$	$N = 200 \text{ rpm}$ $VC = 40,2 \text{ m/min}$	Guratan datar pelindung diri	30 menit	
7.		Mesin bubut dan belungkannya, mata bor $\varnothing 10, 16$ , Chuck bar, jangka sorong	mengerbar $\varnothing 16$ hingga Tembus	$N = 55 \text{ rpm}$ $VC = 40,2 \text{ m/min}$	Guratan datar pelindung diri	20 menit	
8.		Mesin bubut, pahat bubut dalam, jangka sorong	Bubut dalam $\varnothing 20$ hingga Tembus	$N = 200 \text{ rpm}$ $VC = 40,2 \text{ m/min}$	Guratan datar pelindung diri	20 menit	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007

9.		<p>Masin frais horisontal dan kelengkapannya Pisau frais M=3</p>	<p>Membuat roda gigi Z = 17</p>	$N_k = \frac{1}{2}$ $= \frac{40}{17}$ $= 2 \frac{6}{17}$ <p>2 = put. engkol 6 = jumlah gang 17 = jumlah gigi 17 = jumlah lubang pada ring</p>	<p>Gunakan alat pemotongan dari</p>		<p>6 jam</p>	<p>Benda kerja 2 buah, bisa di lasia kan secara bersama</p>
10.		<p>Masin Slot</p>	<p>Membuat dua pasak panjang 6 mm lebar 3 mm</p>				<p>10 menit x 2 20 menit</p>	<p>Benda kerja 2 buah</p>


Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir





UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007

11.		Kikir rata halus	Finishing permukaan benda				5 menit	2 Buah Benda.
-----	---	------------------	---------------------------	--	--	--	---------	---------------

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK**

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007

**LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT**

Nama Komponen Yang Dibuat : Rumah Boring Ball Crusher Atas  
 Hari/Tanggal Pembuatan : Sabtu 17 April 2010  
 Tempat Membuat : Bengkel Pemesinan UNY  
 Nama Pembuat : M Singgih Nur Ihsan

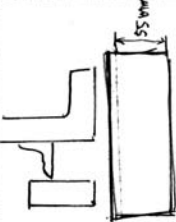
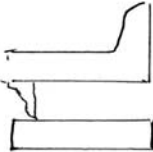
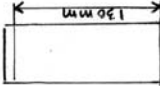
Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrument yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1		Mesin skrap dan ketangkapan, height gauge, pahat HSS, jangka sorong, mesin gerinda, mistar siku, palu plastik, kunci pas	Persiapan Alat dan bahan, setting benda kerja pada mesin skrap		Gunakan APD dalam proses pengerjaan	5 menit	10 menit	Jumlah Benda kerja 2 Buah
2.		Mesin skrap dan ketangkapan, pahat HSS, jangka sorong, mesin gerinda, mistar siku, palu plastik, kunci pas	Mengikat salah satu sisi sebagai Referensi sisi sesungguhnya		gunakan pakaian kerja, kaca mata, dan sarung tangan pada saat mengikat	10 menit	15 menit	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRMMES/23-00  
02 Agustus 2007

3.		Mengukur Lebar 55 mm pada height gauge	Height gauge		5 menit	5 menit	2 buah Benda kerja
	 	Ukur Panjang 130 mm pada height gauge					

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007


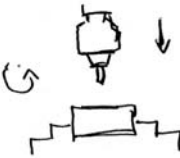
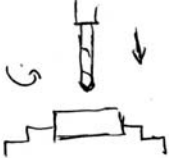
4.		<p>Mesin sekrap dan kelengkapannya, pahat HSS, jangka sorong, mistar siku, palu plastik.</p>	<p>Penyekrapan hingga menjadi ukuran 130 mm</p>		<p>Gunakan pakuany kerja, kacamata dan sarung tangan pada saat menyekrap.</p>	<p>20 menit</p>	<p>35 menit</p>	
5.		<p>Mesin sekrap dan kelengkapannya, pahat HSS, jangka sorong, mistar siku, palu plastik</p>	<p>Penyekrapan menjadi ukuran 55 mm</p>		<p>Gunakan pakuany kerja, kacamata, dan sarung tangan</p>	<p>20 menit</p>	<p>30 menit</p>	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007

6.		height gauge, penit dan pelu	Tandai dengan height gauge dan penit bagian yang akan dibubut dalam				2 buah Benda kerja
7.		Misin bubut dan kelengkapan nya. Bar senter	Bar senter Jah bagian yang akan dibubut	$N = \dots$ rpm	Guratan selalu alat pelindung diri	3 menit	
8.		Misin bubut dan kelengkapan nya. Misin bubut dan kelengkapan nya	Bar $\phi 20$ Mangga Tembaga	$N = 110$ rpm	Guratan selalu alat pelindung diri	20 menit	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007

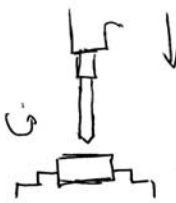
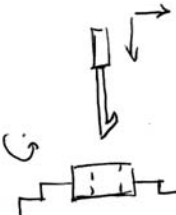
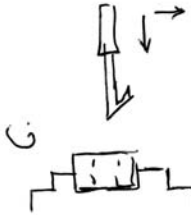
9.		Mesin bubut dan kelengkapannya, Pakat bubut dalam jangka sorong	Bubut dalam $\varnothing 30$ hingga Tembus	$N = 200 \text{ rpm}$	Guratan selalu alat pelindung diri	20 menit	
10.		Mesin bubut dan kelengkapannya, Pakat bubut dalam jangka sorong	Bubut dalam $\varnothing 47 \times 12 \text{ mm}$	$N = 200 \text{ rpm}$	Guratan alat pelindung diri	60 menit	
11.		Mesin bubut dan kelengkapannya, Bor senter	Bor senter bagian yang lain yang akan dibubut dalam	$N = 200 \text{ rpm}$	Guratan alat pelindung diri	3 menit	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00  
02 Agustus 2007

12.		Mesin bubut dan kelengkapannya. Mata bor $\phi 10, 16, 20$	Bar $\phi 20$ hingga Tembus	$N = 110 \text{ rpm}$	Guratan alat pehrudus diri	20 menit	
13.		Mesin bubut dan kelengkapannya, Pahat bubut dalam, jangka sorong	Bubut dalam $\phi 30 \text{ mm}$ hingga tembus	$N = 200 \text{ rpm}$	Guratan alat pehrudus diri	20 menit	
14.		Mesin bubut dan kelengkapannya, Pahat bubut dalam, jangka sorong	Bubut dalam $\phi 47 \times 12 \text{ mm}$	$N = 200 \text{ rpm}$	Guratan alat pehrudus diri	60 menit	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir